

ДЕВЯТАЯ РАДИОВЫСТАВКА

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА





ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

МАССОВАЯ РАДИО БИБЛИОТЕКА

ПОД ОБЩЕЙ РЕДАКЦИЕЙ АКАДЕМИКА А. И. БЕРГА

Выпуск 166

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА

ЭКСПОНАТЫ 9-й ВСЕСОЮЗНОЙ ВЫСТАВКИ ТВОРЧЕСТВА РАДИОЛЮБИТЕЛЕЙ-КОНСТРУКТОРОВ

Рекомендовано Управлением Технической подготовки Оргкомитета Досааф СССР в качестве учебного пособия для радиоклубов и радиокружков Досааф



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

МОСКВА 1952 ЛЕНИНГРАД

52341

В сборнике приводятся описания различных измерительных приборов, отмеченных призами и дипломами на 9-й Всесоюзной выставке творчества радиолюбителей-конструкторов. Даются подробные описания принципиальных схем и конструкций вольтомметров, высокочастотных генераторов, осциллографа и измерительного моста для определения емкости и угла потерь конденсаторов. Все описания составлены с расчетом возможности самостоятельного изготовления этих приборов радиолюбителями, имеющими теоретическую подготовку в области электрорадиотехники и опыт в постройке простейшей измерительной аппаратуры.

Сборник составлен С. Л. Матлиным по материалам радиовыставки.

СОДЕРЖАНИЕ

Редактор *И. И. Спижевский* Техн. редактор *Г. Е. Ларионов*

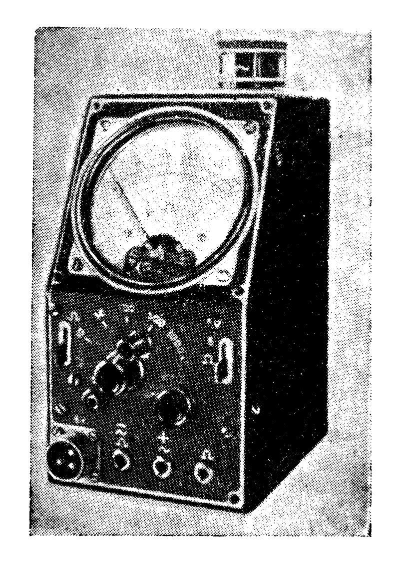
Сдано в набор 12/VI 1952 г. Подписано к печати 4/XII 1952 г.
Бумага $84 \times 108^1/_{32}$—$1^1/_4$ бумажн. лист.=4,1 п. л.+1 вкл. Уч.-изд. л. 4,5
Т-08082 Тираж 15 000 экз. Заказ № 3223
Цена 1 р. 80 к. (номинал по прейскуранту 1952 г.)

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.

ВОЛЬТОММЕТР

(экспонат Г. А. Бортновского — г. Москва)

При монтаже, налаживании, регулировке и испытании различной радиотехнической аппаратуры самыми необходимыми измерительными приборами являются высокоомный вольтметр и омметр. При изготовлении этих приборов целесообразно объединить их в одну конструкцию — вольтомметр, применив при этом только один общий чувствительный гальванометр.



Фиг. 1. Общий вид вольтомметра.

С помощью описываемого здесь вольтомметра можно измерять режимы ламп и сопротивления, проверять цепи, определять величины напряжения постоянного и переменного тока низкой и высокой частоты. Прибор позволяет измерять:

а) напряжения постоянного и переменного тока низкой частоты до 10 000 *в* на шкалах 0—10, 0—50, 0—100, 0—500, 0—1 000 и 0—10 000 *в*;

б) напряжения высокой частоты на шкалах 0—5, 0—10 и 0—50 *в*;

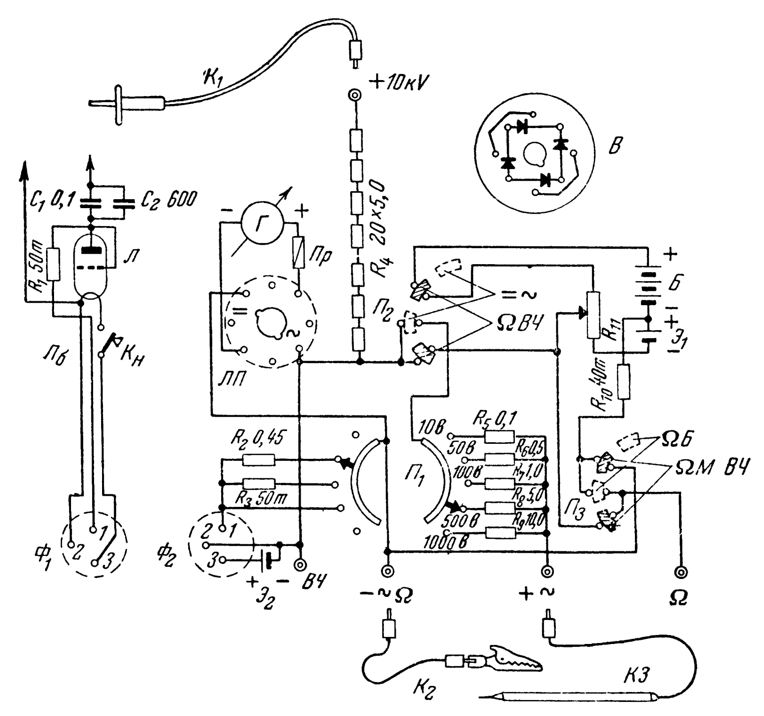
в) сопротивления до 5 *мгом* на шкалах 50—10 000 *ом* и 5 000 *ом*—5 *мгом*.

Питание прибора осуществляется от сухих элементов. Общий вид вольтомметра показан на фиг. 1.

СХЕМА ВОЛЬТОММЕТРА

Принципиальная схема вольтомметра приведена на фиг. 2. Вольтомметр состоит из гальванометра *Г* (чувствительностью в 100 *мка*), колодки с выпрямительными купрокс-

ными элементами B, галетного переключателя $П_1$, переключателей $П_2$ и $П_3$, гальванических элементов $Э_1$ (типа ФБС-0,25) и $Э_2$ (типа 1КС-Х-3), батарейки $Б$ типа (КБСЛ-0,3 4,5 *в*), потенциометра R_{11}, диодного пробника $П_б$, соединительного высоковольтного провода K_1 и проводов K_2 и K_3.

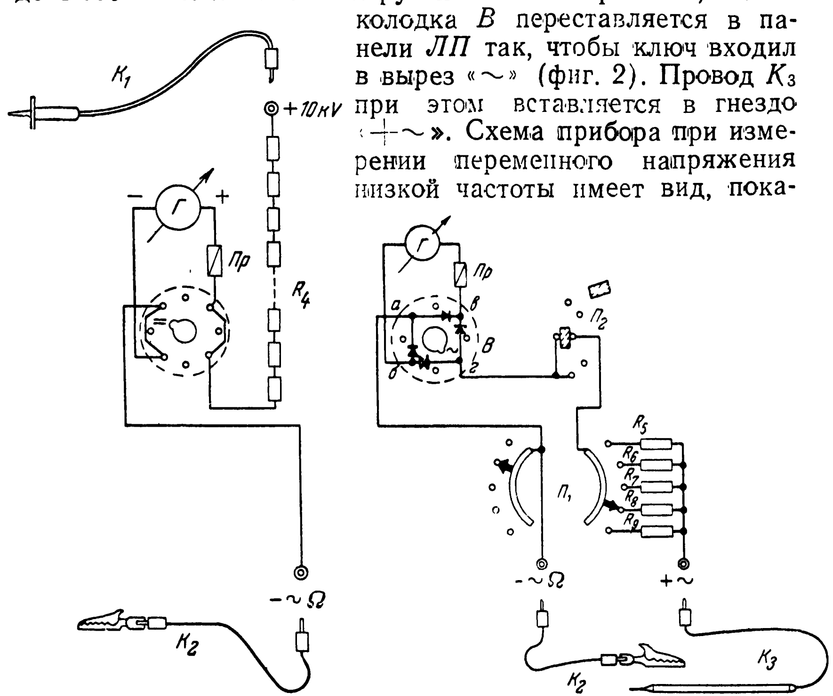


Фиг. 2. Полная принципиальная схема вольтомметра.

Переключатель $П_1$ служит для изменения пределов измерения напряжения. С помощью переключателя $П_2$ прибор переключается с измерения напряжения на измерение сопротивлений. При установке рычага переключателя $П_2$ в положение «=~» (если колодка B вставлена в ламповую панельку *ЛП* так, чтобы ключ входил в вырез, помеченный знаком «=») прибором можно измерять напряжение постоянного тока до 1 000 *в*. Пределы измерения в данном случае определяются положением переключателя $П_1$. Провод K_2 необходимо при этом включить в гнездо «—~Ω», а провод K_3 — в гнездо «+~».

Для измерения постоянного напряжения до 10 000 *в* провод K_1 включается в гнездо «+10 kV», расположенное на верхней панели прибора. Схема прибора при измерении напряжения до 10 000 *в* приведена на фиг. 3.

При измерении переменных напряжений низкой частоты до 1 000 *в* положение всех ручек остается прежним, только колодка *В* переставляется в панели *ЛП* так, чтобы ключ входил в вырез «~» (фиг. 2). Провод K_3 при этом вставляется в гнездо «+~». Схема прибора при измерении переменного напряжения низкой частоты имеет вид, показанный на фиг. 4. Предел измерений устанавливается переключателем $П_1$.



Фиг. 3. Схема вольтомметра при измерении напряжения постоянного тока до 10 000 *в*.

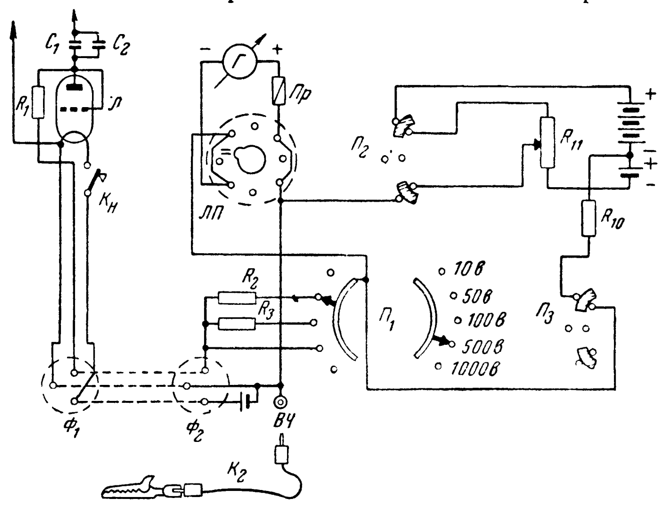
Фиг. 4. Схема вольтомметра при измерении напряжения переменного тока низкой частоты до 1 000 *в*.

При измерении напряжения переменного тока низкой частоты свыше 1 000 *в* (до 10 000 *в*) необходимо лишь включить провод K_1 в гнездо «+10 kV» (фиг. 2). Следует отметить, что при измерениях с пределом 10 000 *в* положение всех ручек на передней панели прибора может быть любое.

Для измерения напряжения высокой частоты до 60 *мгц* к прибору подключается диодный пробник $П_3$ (фиг. 2). Он состоит из двух параллельно включенных конденсаторов C_1

и C_2 (первый бумажномасляный, а второй — слюдяной) и диода $Л$, в качестве которого можно с успехом использовать любые пальчиковые батарейные лампы, например типа 1К1П или 1Б1П, соединив у них все сетки с анодом.

Как видно из фиг. 5, на которой приведена схема прибора при измерении напряжения высокой частоты, вольтметр имеет на входе разделительные конденсаторы C_1 и C_2



Фиг. 5. Схема вольтомметра при измерении напряжения высокой частоты.

и поэтому может быть отнесен к группе ламповых вольтметров с закрытым входом.

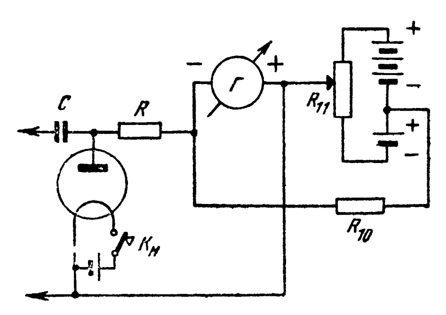
Для отклонения стрелки гальванометра $Г$ в этой схеме используется заряд конденсаторов C_1C_2 через диод $Л$ и последующий разряд этих конденсаторов через сопротивления R_1 или R_1R_3, R_1R_2 и гальванометр $Г$, шунтирующие диод. При положительном полупериоде измеряемого напряжения конденсаторы C_1 и C_2 заряжаются через диод. При отрицательном полупериоде, когда сопротивление диода бесконечно велико, происходит разряд конденсаторов C_1 и C_2 через гальванометр и последовательно соединенные с ним сопротивления R_1, $R_1 + R_3$ или $R_1 + R_2$.

Так как разрядный ток пропорционален амплитуде измеряемого напряжения, шкалу гальванометра можно проградуировать либо в амплитудных, либо в эффективных значениях измеряемого напряжения. При установке основного

переключателя $П_1$ на контакт 50 *в* предел измерения вольтметра равен 5 *в*.

При следующем положении переключателя (контакт 100 *в*) последовательно с сопротивлением R_1 включается сопротивление R_3 и предел измерений увеличивается до 10 *в*. При переключении $П_1$ на контакт 500 *в* предел измерений вольтметра равен 50 *в*.

Для компенсации начального тока, обусловленного начальной скоростью электронов в диоде, применена схема, позволяющая использовать для этого потенциометр установки нуля омметра Работа схемы ясна из фиг. 6. При



Фиг. 6. Схема компенсации начального тока диода.

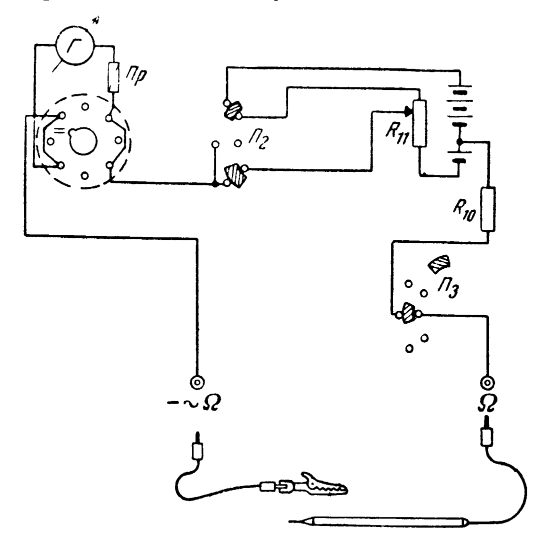
верхнем положении движка потенциометра R_{11} стрелка прибора отклонится вправо на всю шкалу. Это соответствует нулю по шкале больших омов (ΩБ) и бесконечности — по шкале малых омов (Ω*М*). При передвижении ползунка потенциометра R_{11} вниз полярность напряжения на зажимах гальванометра изменится и поэтому стрелка гальванометра отклонится влево от нуля.

Установка «нуля» вольтметра производится следующим образом. При нажатой кнопке *Кн* нить диода накалится, через гальванометр потечет ток, вызванный начальной скоростью электронов в диоде, и стрелка гальванометра отклонится вправо от нуля. Возврат ее на нуль осуществляется передвижением ползунка потенциометра R_{11}.

При измерении напряжений высокой частоты прибор соединяется с диодным пробником фишками $Ф_1$ и $Ф_2$ (фиг. 2). Переключатель $П_2$ устанавливается в положение Ω*ВЧ*, переключатель $П_3$ в положение Ω*М ВЧ*, а переключатель $П_1$ на одну из позиций градуировки (50, 100 или 500 *в*, что соответствует шкалам 5, 10 и 50 *в*).

Как уже было указано, для измерений сопротивлений вольтомметр имеет два предела: малые сопротивления (*ΩМ*) и большие сопротивления (*ΩБ*). И в том и в другом случае шнуры со щупами подключаются к гнездам Ω и — ~Ω, а переключение пределов измерения производится только переключателем $П_3$.

При измерении больших сопротивлений (от 5 000 *ом* до 5 *мгом*) переключатель $П_2$ устанавливается в положение



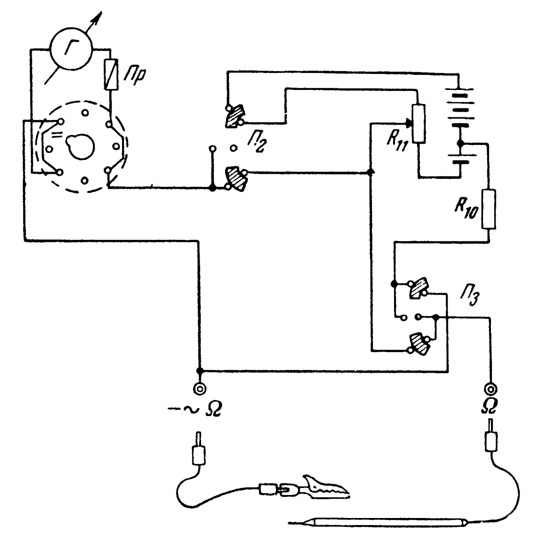
Фиг. 7. Схема вольтомметра при измерении больших сопротивлений.

ΩВЧ, а переключатель $П_3$ — в положение *ΩБ*. Измеряемое сопротивление включается (к щупам) последовательно с гальванометром, батареей питания и сопротивлением R_{10} (фиг. 7). Отсчет показаний производится по шкале *ΩБ*, причем показания на ней возрастают справа налево и, соответственно с этим в правом крайнем положении шкалы имеется отметка нуль, а в левом — бесконечность. Показания шкалы прибора надо умножать на 1 000.

При измерении малых сопротивлений (от 50 до 10 000 *ом*) переключатель $П_3$ устанавливается в положение *ΩМ* (фиг. 8), в результате чего образуется последовательная цепь из гальванометра, батареи питания и сопротивления R_{10}. а шнуры щупов оказываются подключенными параллельно гальванометру *Г*. Отсчет величины сопротивле-

ния в этом случае производится по шкале ΩM, у которой показания возрастают слева направо. Соответственно этому нуль на шкале нанесен слева, а бесконечность — справа. При отсчете величины измеряемого сопротивления показания прибора по этой шкале следует умножать на 10. Переключатель $П_2$ остается в прежнем положении ΩB ~.

Перед измерением малых сопротивлений стрелка гальванометра $Г$ устанавливается в правое крайнее положение изменением сопротивления потенциометра R_{11}.



Фиг. 8. Схема вольтомметра при измерении малых сопротивлений.

При измерении больших сопротивлений сначала устанавливается нуль при положении переключателя $П_3$ на позиции ΩM. Затем его переводят в положение $\Omega Б$ и производят измерения.

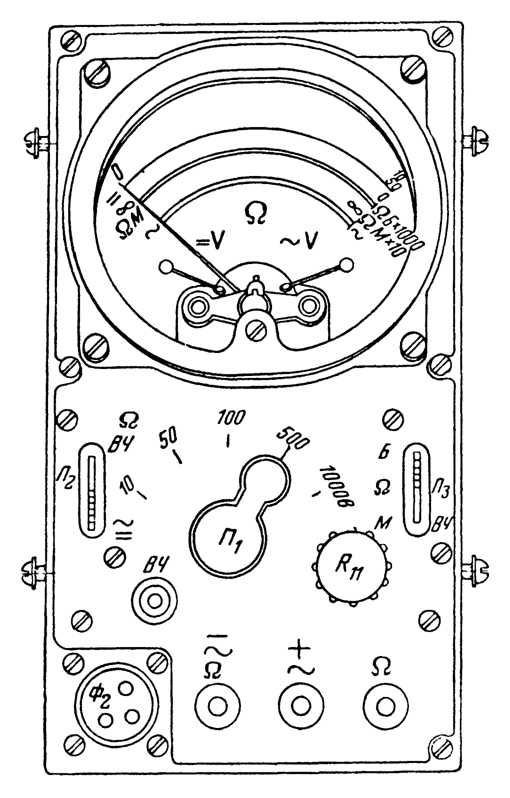
Для защиты гальванометра от повреждений (в случае неправильного включения прибора в измеряемую цепь) последовательно в его цепь включен плавкий предохранитель *Пр*, рассчитанный на ток 0,025 *а*.

КОНСТРУКЦИЯ ВОЛЬТОММЕТРА

Вольтомметр смонтирован на угловой панели, изготовленной из алюминия.

На фиг. 9 дан чертеж передней панели, а на фиг. 10 и 11 показано расположение деталей внутри прибора.

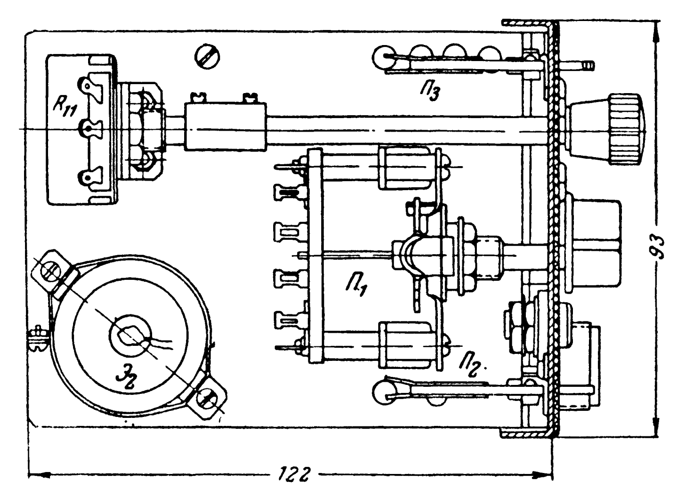
Угловая панель состоит из передней панели (фиг. 9), к которой прикреплена двумя винтами нижняя горизонтальная панель (фиг. 10). Между ними проложена изоляционная пластинка из органического стекла. Верхняя половина



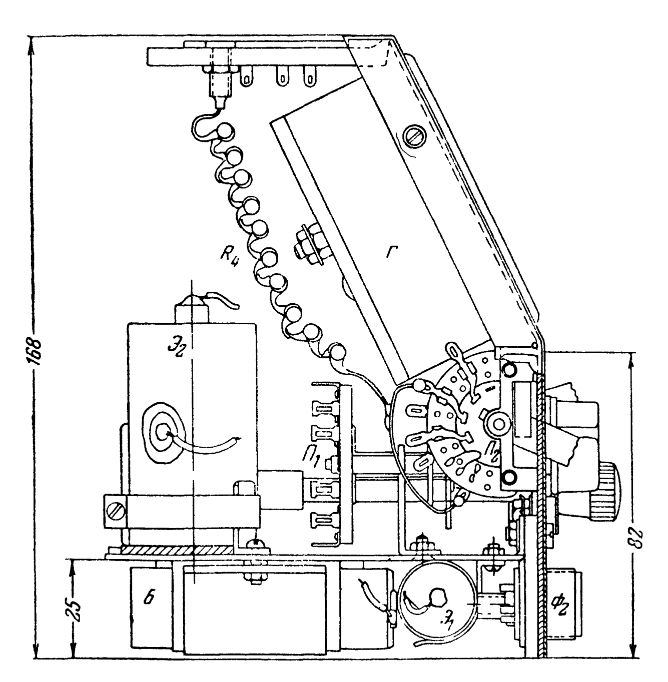
Фиг. 9. Передняя панель вольтомметра.

передней панели, на которой укреплен гальванометр $Г$, слегка наклонена. Такое положение гальванометра делает более удобным вести отсчет показаний. На нижнюю (вертикальную) часть панели выведены ручки переключателя $П_1$ и потенциометра R_{11} и установлены фишка $Ф_2$ для включения диодного пробника $П_б$ и гнезда — ~ Ω, + ~, Ω и ВЧ. На этой же панели укреплены переключатели $П_2$ и $П_3$.

Сверху к наклонной части передней панели прикреплена тремя винтами с потайной головкой горизонтальная панель



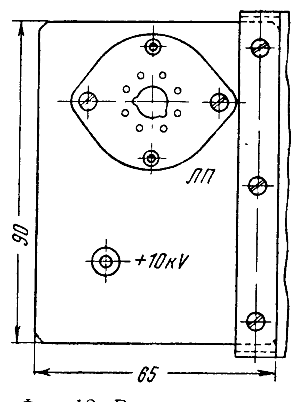
Фиг. 10. Расположение деталей на горизонтальной части угловой панели вольтомметра.



Фиг. 11. Расположение деталей внутри вольтомметра.

из органического стекла, на которой смонтированы гнездо «+10 kV» и ламповая панелька *ЛП* (фиг. 12).

На горизонтальной части угловой панели укреплен на двух угольниках галетный переключатель $П_1$ (фиг. 10). Там же на угольниках укреплен потенциометр R_{11}, ось которого удлинена и выведена на переднюю панель. На панели укреплен также сухой гальванический элемент $Э_2$ типа 1КС-Х-3, питающий накал диода. Элемент крепится к двум угольникам при помощи хомутика, изготовленного из металлической полоски. Этот элемент изолируется от панели прокладкой. Кроме того, на этой панели ставится несколько опорных изоляторов для крепления сопротивлений, которые на чертеже не указаны, так как их расположение и количество могут быть различными. Все будет зависеть от того, каких типов и размеров будут применяться сопротивления.



Фиг. 12. Верхняя панель вольтомметра.

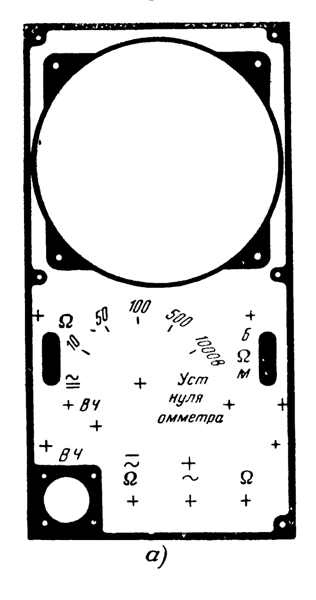
По краям панели высверлено 7 отверстий диаметром 5 *мм* для пропуска монтажных проводов.

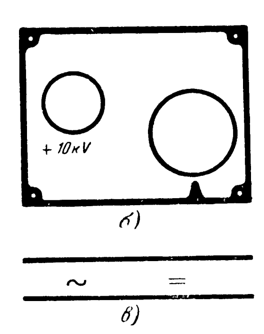
Снизу к горизонтальной части угловой панели хомутом прикрепляется батарейка *Б* типа КБС-Л-0,3 (от карманного фонаря) и элемент $Э_1$ типа ФБС-0,25, который крепится к панели скобой. Под батарейку кладется изоляционная прокладка толщиной 3—4 *мм*. Батарейка *Б* и элемент $Э_1$ обертываются одним слоем лакоткани или клеенки (фиг.. 11).

Угловая панель вольтомметра вдвигается в металлический ящик и закрепляется в нем четырьмя винтами.

На переднюю панель вольтомметра наклеена декоративная панель, выполненная следующим образом. На чертежной бумаге карандашом вычерчивают в натуральную величину переднюю панель (фиг. 13,*а*). На нее наносят все надписи, а также вычерчивают рамку. С этого оригинала на бумажной кальке (восковке) делается тушью копия. Так же вычерчиваются верхняя накладка (фиг. 13,*б*) и поясок с знаками ~ и = (фиг. 13,*в*) для колодки *В*. С кальки делается контактный отпечаток на контрастной глянцевой фотобумаге, после чего под водой мокрый отпечаток складывают с незасвеченной и отфиксированной односторонней (слой жела-

тина на одной стороне) фотопленкой такого же размера, как и отпечаток. Складываются они так, чтобы желатиновый слой фотобумаги соприкасался с желатиновым слоем пленки. Склеенные таким способом отпечаток и пленка вынимаются из воды, обсушиваются фильтровальной бумагой и кладутся под пресс. Когда отпечаток (фиг. 13,*а*) высохнет, его наклеивают на плотный картон, обрезают у него края и вырезают все отверстия. Затем эту фотонакладку прикреп-



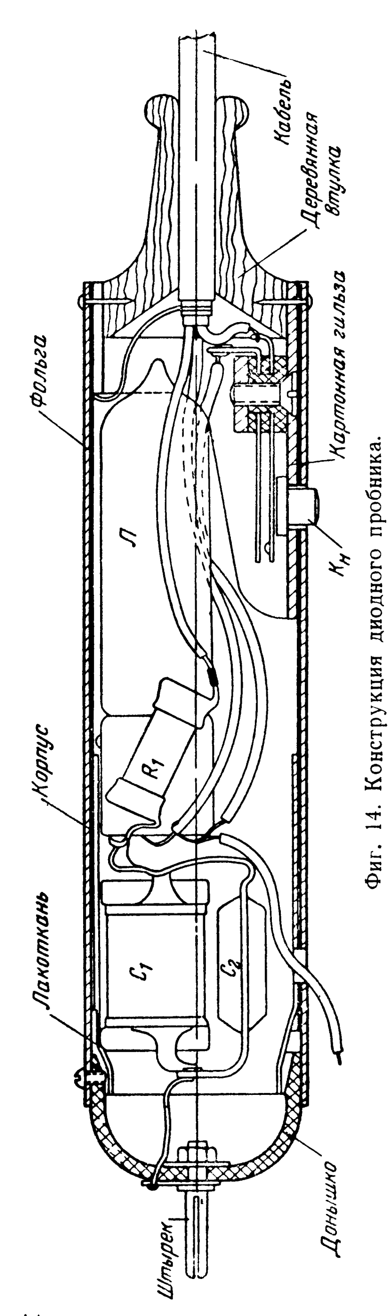


Фиг. 13. Чертежи обрамления вольтомметра.

а — для передней панели, *б* — для верхней накладки, *в* — для пояска колодки *В*.

ляют к передней панели пятью винтами. Отпечаток верхней накладки (фиг. 13,*б*) и пояска для колодки *В* (фиг. 13,*в*) не надо наклеивать на картон.

Диодный пробник. Конструкция диодного пробника показана на фиг. 14. Он собран в корпусе, представляющем собой картонную гильзу диаметром 28 *мм* и длиной 105 *мм*. Внутри нее размещены: конденсаторы C_1, C_2, диод *Л*, сопротивление R_1 и кнопка *Кн*. К одному концу корпуса прикреплено тремя винтиками донышко из органического стекла с установленным на нем штырьком. С противоположного конца в отверстие корпуса вставлена картонная гильза, в которой закреплена на клею деревянная втулка. Через эту втулку пропущен внутрь корпуса экранированный трехпроводный кабель. К гильзе винтом прикреплена кнопка *Кн*, замыкающая цепь нити накала диода *Л* при измерении



Фиг. 14. Конструкция диодного пробника.

напряжения высокой частоты.

Картонная гильза и деревянная втулка скреплены с корпусом четырьмя маленькими гвоздиками.

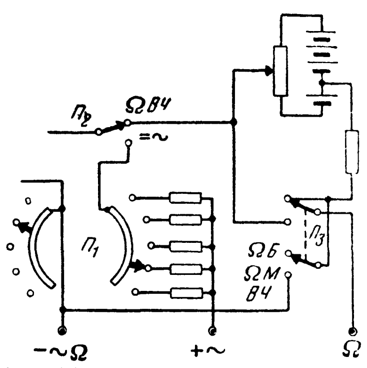
Соединение деталей пробника выполняется гибким проводом в хлорвиниловой изоляции. Монтажные провода припаиваются непосредственно к штырькам лампы *Л*. Это уменьшает входную емкость, а также общие габариты пробника. Для экранировки детали пробника до установки их в корпус обертываются сначала одним-двумя слоями лакоткани, а затем фольгой.

Переключатели. Для переключения прибора с измерения постоянного напряжения на измерение переменного напряжения используется октальный цоколь, вставляемый в ламповую панель *ЛП*, имеющую два выреза для ключа. Выпрямительные купроксные элементы смонтированы внутри этого цоколя. Сверху цоколь закрывается эбонитовым кружком, имеющим в центре отверстие диаметром 3,2 *мм*. Такого же диаметра сквозное отверстие сверлится и в ключе цоколя. Болтик пропускается через отверстие в эбонитовом кружке и в ключе цоколя, и на выступающий его наружный конец навинчивается гайка. Снаружи

на боковую поверхность цоколя наклеивается поясок (фиг. 13,*в*) с знаками ~ и =.

В описываемом вольтомметре применены готовые заводского производства переключатели. Конструкция переключателей $П_2$ и $П_3$ понятна из фиг. 10 и 11. При отсутствии таких переключателей они могут быть заменены перекидными переключателями.

В качестве $П_2$ можно применить перекидной переключатель на одно, а в качестве $П_3$ — на два направления. На фиг. 15 приведена часть схемы вольтомметра, из которой легко уяснить, как производится замена этих переключателей.



Фиг. 15. Схема замены $П_2$ и $П_3$ на переключатели другого типа.

Для подключения прибора к измеряемой цепи служат гибкие проводники со щупами и зажимами. Желательно, чтобы «минусовый» провод имел черную оплетку, а «плюсовой» красную. К концам «минусового» провода присоединяются однополюсные штепсельные вилки, причем на одну из них надевается зажим типа «крокодил». К одному из концов «плюсового» провода присоединяется однополюсная штепсельная вилка, а к другому — щуп. Щуп проще всего сделать из карандаша, окрашенного снаружи в красный цвет. Для этого, расколов оболочку карандаша на две половинки, удаляют графит, а на его место укладывают медную или латунную проволочку диаметром 1,5 *мм*. К одному ее концу припаивают гибкий проводник и затем склеивают опять обе половинки карандаша. На выступающий наружу второй конец проволоки насаживается и затем припаивается колпачок от сопротивления. Изготовленный таким способом щуп изолируется при помощи прозрачной хлорвиниловой трубки, туго надевающейся на оболочку карандаша.

ГРАДУИРОВКА ВОЛЬТОММЕТРА

Способ градуировки вольтметров и омметров общеизвестен, поэтому нет надобности подробно останавливаться здесь на этом вопросе. Необходимо лишь заметить, что если гальванометр плохо сбалансирован, то при градуировке его

надо установить в такое положение, в каком он будет находиться после установки в вольтомметр. Не следует также сразу наносить деления на его шкалу. Сначала нужно составить градуировочные графики, пользуясь шкалой для измерения постоянного тока, всегда имеющейся на приборе. Этот способ удобен еще и тем, что градуировать можно прибор в собранном виде и с одетым кожухом. Если же градуировать его без металлического кожуха, то после сборки прибора может измениться градуировка. Кроме того, при градуировке по графикам легче обнаружить допущенную ошибку — выпадение отдельных точек из градуировочной кривой.

Как показал опыт, процесс налаживания и градуировки прибора не вызывает никаких затруднений.

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРИБОР С ОПТИЧЕСКИМ ИНДИКАТОРОМ

(*экспонат А. Е. Абрамова—г. Москва*)

Универсальный измерительный прибор с оптическим индикатором, сконструированный А. Е. Абрамовым, предназначен для измерения напряжений постоянного и переменного тока до 1 000 *в* и сопротивлений до 1 *мгом*. Прибор также позволяет определять примерные значения емкости конденсаторов и индуктивности катушек.

Диапазон измерений напряжений постоянного тока разбит на пять шкал: 0,2—10; 2—50; 2—100; 10—500 и 10—1 000 *в*. Входное сопротивление вольтметра при измерении напряжения постоянного тока на любом из указанных пределов около 5 *мгом*. Применение специального щупа, представляющего собой наконечник с вмонтированным в нем сопротивлением на 5 *мгом*, позволяет указанные пределы измерений увеличить вдвое. Соответственно увеличивается и входное сопротивление вольтметра до 10 *мгом*.

Диапазон измерений напряжения переменного тока разбит также на пять шкал: 0,2—10; 2—50; 2—100 10—500 и 10—1 000 *в*. Входная емкость вольтметра — порядка 7—10 *мкмкф*. Частотный диапазон измерений напряжения переменного тока лежит в пределах от 10 *гц* до 50 *мггц*.

Диапазон измерений сопротивлений разбит на пять шкал: 0,5—100; 5—1 000; 5—10 000; 500—100 000 *ом* и 5 000 *ом* — 1 *мгом*.

Для измерений емкостей и индуктивностей использована схема омметра на переменном токе. Подобная схема позволяет определять лишь весьма ориентировочно значения емкостей, лежащих в пределах 1 000 *мкмкф* — 100 *мкф*, и индуктивностей в пределах 1 *мгн* — 100 *гн*.

Прибор с оптическим индикатором по сравнению со стрелочным ламповым вольтметром обладает определенным недостатком. Заключается он в том, что определение абсолютной величины измеряемых напряжений, сопротивлений и пр. требует дополнительной регулировки прибора, в процессе которой необходимо устанавливать определенное смещение на управляющей сетке оптического индикатора, соответствующее свечению затемненного сектора. Однако этот основной недостаток в некоторой степени компенсируется дешевизной прибора. Подобный прибор благодаря своей простоте и дешевизне может быть рекомендован радиолюбителям, не располагающим стрелочными гальванометрами.

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА ПРИБОРА

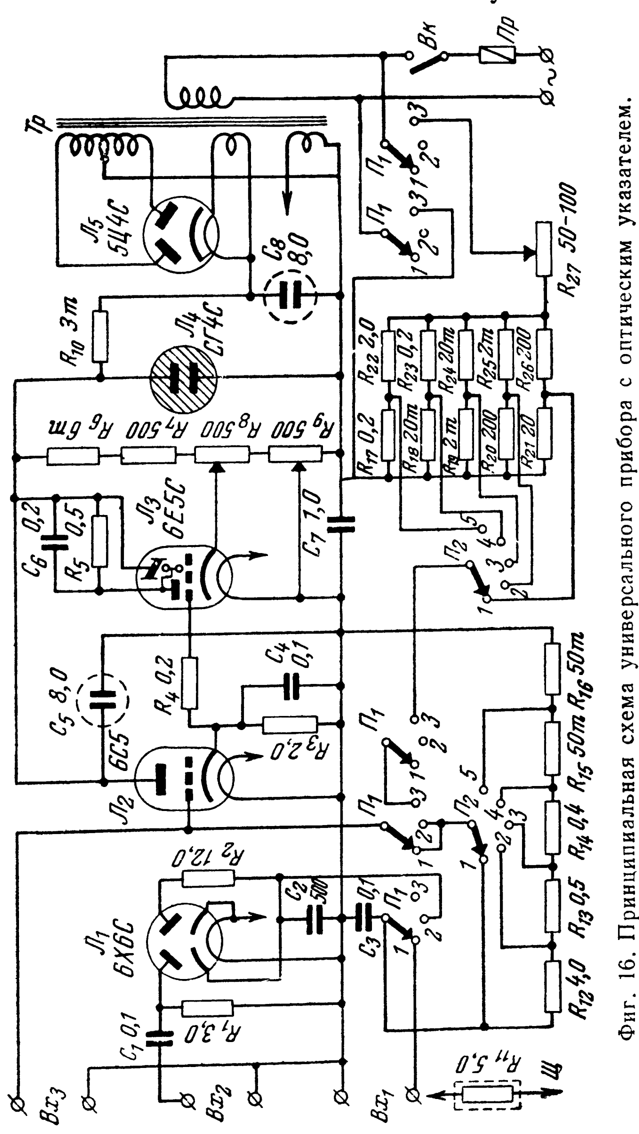
На фиг. 16 приведена полная принципиальная схема универсального измерительного прибора с оптическим индикатором.

Основными частями прибора являются: разделительная лампа $Л_2$ типа 6С5, оптический индикатор $Л_3$ типа 6Е5С выпрямитель-пробник, собранный на лампе $Л_1$ типа 6Х6С, и выпрямитель на лампе $Л_5$ типа 5Ц4С, служащий для питания анодных цепей прибора. Напряжение на выходе выпрямителя стабилизовано газонаполненным стабилизатором $Л_4$ типа СГ4С.

Измерение напряжения постоянного тока. Измеряемое напряжение подводится к зажимам $Вх_1$, и переключатель $П_1$ устанавливается на контакты *1-1*.

При установке движка потенциометра R_9 в крайнее верхнее положение смещение на управляющей сетке лампы 6Е5С определяется положением движка потенциометра R_8 («установка нуля») и падением напряжения на сопротивлении R_3. Изменяя положение движка R_8, можно установить на сетке такое смещение, при котором вся поверхность экрана индикатора будет светиться (тень экрана будет иметь вид тонкой линии). Это положение соответствует условному нулю вольтметра. Если теперь к входным зажимам $Вх_1$ прибора включить измеряемое напряжение положительным полюсом (плюсом) на сетку лампы 6С5, то вследствие уменьшения

отрицательного смещения на сетке этой лампы анодный ток ее увеличится и, следовательно, увеличится падение напряжения на сопротивлении R_3. Это приведет к тому, что отрицательное смещение на сетке лампы 6Е5С уменьшится и на



Фиг. 16. Принципиальная схема универсального прибора с оптическим указателем.

экране индикатора появится теневой сектор. При перемещении движка потенциометра R_9 в нижнее положение отрицательное смещение на сетке индикатора 6Е5С будет увеличиваться и тем самым затемненный сектор будет сужаться. При некотором положении движка потенциометра R_9 тень на экране снова обратится в тонкую линию. Чем большее напряжение подается на вход вольтметра, тем большее отрицательное напряжение нужно подавать с помощью потенциомера R_9 в цепь управляющей сетки лампы 6Е5С для того, чтобы тень на экране снова обратилась в тонкую линию.

На оси движка потенциометра R_9 укреплена ручка со стрелкой, по положению которой на шкале определяется измеряемое напряжение. Шкала вольтметра градуируется в вольтах. Отсчет напряжения производится по показанию стрелки шкалы потенциометра R_9 в момент, когда тень на экране индикатора 6Е5С превращается в прямую тонкую линию.

Для расширения пределов измерения вольтметра на входе прибора включен делитель напряжения, состоящий из сопротивлений R_{12}, R_{13}, R_{14}, R_{15} и R_{16}. Изменение пределов измерения производится переключателем $П_2$.

Конденсаторы C_3, C_5, C_6, C_7 блокируют переменную составляющую напряжения при измерении вольтметром переменного напряжения (см. ниже).

Сопротивление R_4 предохраняет лампу 6Е5С от порчи при случайном попадании большого положительного напряжения на ее сетку. Сопротивления R_6, R_7, R_8 и R_9 выбираются с таким расчетом, чтобы на сопротивлении R_9 выделялось напряжение U_0 величиной 8—10 *в*.

Если обозначить отношение анодного напряжения U_a к напряжению U_0 через n, то легко понять, что

$$n = \frac{U_a}{U_o} = \frac{R}{R_9},$$

где $R = R_6 + R_7 + R_8 + R_9$.

В приведенной схеме $R_9 = 500$ *ом*, $U_a = 150$ *в* и $U_0 = 10$ *в*. Отсюда $n = 150/10 = 15$, $R = n \cdot R_9 = 15 \cdot 500 = 7\,500$ *ом*, а $R_6 + R_7 + R_8 = R - R_9 = 7\,500 - 500 = 7\,000$ *ом*. Сопротивление R_8 обычно выбирается равным сопротивлению R_9.

При другом значении анодного напряжения U_a следует произвести перерасчет делителя с таким расчетом, чтобы падение напряжения на сопротивлении R_9 не превышало 8—10 *в*. Исходными величинами при расчете являются U_a, U_0 и R_9.

Общее сопротивление делителя $R_{12} - R_{16}$ для расширения пределов измерения не следует выбирать более 5 *мгом*, так как с увеличением его возникают трудности в процессе налаживания прибора для измерений переменных напряжений. Расчет делителя производится по общеизвестным формулам.

Для повышения входного сопротивления вольтметра применяется щуп *Щ*, который подсоединяется к входу вольтметра последовательно с измеряемым напряжением. Конструктивно щуп выполняется в виде эбонитовой трубочки, в которой помещается сопротивление R_{11}, равное 5 *мгом*. С одной стороны щуп имеет острие, а с другой — гибкий шнур для подсоединения к входу вольтметра. Сопротивление R_{11} включается между острием и шнуром. При измерении напряжения с использованием щупа показания шкалы прибора следует увеличивать вдвое.

Измерение переменных напряжений. Для измерения переменных напряжений в схеме прибора имеется выпрямитель-пробник, работающий на лампе $Л_1$ типа 6Х6С. При измерении переключатель $П_1$ устанавливается на контакты *2-2* и при этом потенциометр $R_{12} - R_{16}$ включается в цепь катода левой (по схеме) диодной части лампы 6Х6С. Измеряемое переменное напряжение подключается на вход Bx_2 прибора и далее через разделительный конденсатор C_1 подается на анод левого диода. Так как диод обладает проводимостью только во время положительных полупериодов переменного напряжения, то в цепи левого диода будет протекать пульсирующий ток. Постоянная составляющая тока диода, проходя через делитель напряжения $R_{12} - R_{16}$, создает на нем падение напряжения, которое в положительной полярности подается через переключатель пределов измерения $П_2$ на сетку лампы 6С5.

При закороченном входе Bx_2 вольтметра на сопротивлении делителя будет иметься небольшое падение напряжения за счет начального тока левого диода. Компенсация этого тока производится с помощью правого диода лампы 6Х6С и осуществляется следующим образом. В цепи правого диода последовательно с делителем $R_{12} - R_{16}$ и сопротивлением R_2 включено напряжение накала (6,3 *в*). Вследствие этого в этой цепи проходит постоянная составляющая выпрямленного тока. Ток правого диода лампы 6Х6С проходит через делитель в направлении, обратном току левого диода. При равенстве этих токов результирующий ток будет равен нулю и никакого падения напряжения на делителе не будет. Величина сопротивления R_2 определяет силу тока в цепи

правого диода и подбирается в процессе налаживания прибора.

При измерении напряжения высокой частоты большое значение имеет величина входной емкости вольтметра. Эта емкость складывается из емкости входных проводников, междуэлектродной емкости лампы 6Х6С и др. Величина входной емкости ограничивает применение вольтметра на высоких частотах. С целью уменьшения ее диодная часть вольтметра смонтирована в виде отдельного пробника, соединяемого экранированным кабелем с входом разделительной лампы. Такая конструкция дает возможность подводить измеряемое напряжение к пробнику наиболее короткими проводниками и тем самым получить входную емкость прибора порядка 8—10 *мкмкф*. Из соображений уменьшения входной емкости прибора лампа $Л_1$ (6Х6С) расцоколевывается.

Измерение сопротивлений. В основу работы прибора как омметра положен метод измерения падения напряжения на известном сопротивлении, параллельно которому присоединяется измеряемое неизвестное сопротивление.

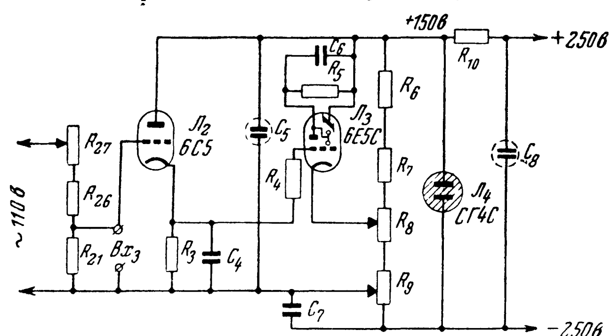
Работу схемы легко уяснить из рассмотрения процесса измерения сопротивлений. Перед началом измерения с помощью переключателя $П_1$ рода работы (фиг. 16) прибор подготавливается для измерения напряжения постоянного тока. Подготовка к измерению, как известно, в этом случае сводится к установке сопротивления R_9 на нуль шкалы напряжения и движка потенциометра R_8 в положение, при котором тень на экране лампы 6Е5С превратится в тонкую линию.

Для использования прибора в качестве омметра переключатель $П_1$ устанавливается на контакты *3—3*, а движок потенциометра R_9 — в противоположное крайнее положение, соответствующее на шкале максимальному значению напряжения. При такой установке потенциометра R_9 отрицательное смещение на сетке лампы 6Е5С увеличивается примерно на 10 *в*.

При установке переключателя $П_1$ на контакты *3-3* от сетки лампы 6С5 отключается потенциометр R_{12} — R_{16} и присоединяется к ней один из пяти делителей ($R_{21}R_{26}$, $R_{20}R_{25}$ и т. д.), на которые через переменное сопротивление R_{27} подается напряжение сети переменного тока. Какой из делителей оказывается подключенным к сетке лампы, определяется положением переключателя $П_2$ пределов измерения.

Упрощенная схема прибора при измерении сопротивлений приведена на фиг. 17. Как видно из этой схемы, на вход

разделительной лампы $Л_2$ в этом случае подается переменное напряжение. Регулировкой сопротивления R_{27} можно подобрать такое значение этого напряжения, при котором тень на экране лампы 6Е5С будет иметь вид тонкой линии. Такое положение соответствует установке омметра на условный нуль. Так как в этом случае измеряемое сопротивление равно бесконечности, то положение ручки потенциометра R_9 по шкале омов фиксируется индексом ∞. При присоединении неизвестного сопротивления к зажимам Bx_3 падение напряжения на сопротивлении R_{21} (фиг. 17) уменьшается. Это



Фиг. 17. Упрощенная схема прибора при измерении сопротивлений.

приводит к уменьшению падения напряжения на сопротивлении R_3 в цепи катода лампы 6С5, а следовательно,— к увеличению отрицательного смещения на управляющей сетке лампы 6С5, что и будет зафиксировано по исчезновению тонкой затемненной линии на экране индикатора 6Е5С. Уменьшая смещение на сетке лампы 6С5 путем вращения движка потенциометра R_9 до получения тонкой затемненной линии на экране индикатора, можно по шкале омов отсчитать искомое сопротивление.

Ориентировочное определение значений емкостей и индуктивностей производится по той же схеме путем определения их сопротивления переменному току с последующим расчетом по общеизвестным формулам.

НАЛАЖИВАНИЕ ПРИБОРА

Налаживание измерительного прибора начинается (после проверки правильности монтажа) с подбора величины сопротивления R_{10}, которое должно обеспечить на выходе выпрямителя стабильное выпрямленное напряжение порядка

150 *в* при изменении напряжения электросети на $\pm 10\%$. После этого проверяется работа потенциометра R_8 «установки нуля». Для этого прибор подготавливают к измерению напряжения постоянного тока. При отсутствии напряжения на входе вольтметра и установке ручки потенциометра R_9 на условный нуль шкалы тонкая затемненная линия на экране индикатора 6Е5С должна получаться при среднем положении ручки потенциометра R_8. Если это условие не выполняется, следует в разрыв между сопротивлениями R_7R_8 или R_8R_9 включить небольшое сопротивление порядка 50—100 *ом*.

Градуировка вольтметра для измерений напряжения постоянного тока производится следующим образом. На первом пределе измерения (наименьшем) вольтметр устанавливается на условный нуль и на его вход Bx_1 (фиг. 16) подаются поочередно напряжения порядка 2—4—6 *в*. При этом вращением ручки R_9 каждый раз добиваются получения тонкой затемненной линии на экране лампы 6Е5С и отмечают на шкале значения измеряемого напряжения. Шкала обычно получается неравномерной и сжатой в конце. Если же она оказывается сжатой в начале, следует поменять концы у потенциометра R_9, у которого величина сопротивления с поворотом ручки меняется по логарифмическому закону.

Перед началом градуировки вольтметра для измерения напряжения переменного тока необходимо скомпенсировать начальный ток левого диода. Для этого, переставив переключатель $П_1$ на контакты *2-2*, замыкают зажимы Bx_2 и устанавливают вольтметр на нуль. При отсутствии начального тока диода угол затемненного сектора на экране индикатора при крайних положениях переключателя $П_2$ не должен изменяться. Если же будет замечено изменение величины этого угла, то необходимо устранить это явление подбором величины сопротивления R_2.

Градуировка вольтметра для измерения напряжения переменного тока производится также на первом диапазоне (0,2—10 *в*) путем подачи на иглу пробника и корпус точно известного напряжения сети и соответствующей отметки на шкале напряжения после установки потенциометра R_9. Процесс такой градуировки подробно описан в брошюре К. Д. Осипова *.

Следует отметить, что если сопротивления R_{12}, R_{13}, R_{14}, R_{15} и R_{16} подобраны точно, то шкалы для измерения напря-

* К. Д. Осипов, Ламповый вольтметр, Госэнергоиздат, 1950, стр. 31.

жений постоянного и переменного тока, отградуированные на первом диапазоне, при установке переключателя $П_2$ на другие пределы измерения будут кратны целым числам 5, 10, 50 и 100.

Налаживание прибора для измерения сопротивлений сводится к подбору величины сопротивления R_{27}, которое должно обеспечивать возможность установки омметра на нуль при изменениях напряжения сети на $\pm 10\%$. Учитывая, что при измерении сопротивлений через делитель $R_{21}R_{26}$ и сопротивление R_{27} протекает большой ток (порядка 500 *ма*), они должны быть рассчитаны на мощность рассеяния порядка 15—45 *вт*. При отсутствии подобных сопротивлений первый диапазон измерения следует исключить из прибора Значение R_{27} в этом случае надо увеличить до 500 *ом*.

Сопротивления делителей $R_{21}R_{26}$, $R_{20}R_{25}$, $R_{19}R_{24}$ и $R_{18}R_{23}$ должны быть подобраны точно, тогда установленный «нуль» на первом диапазоне будет сохраняться и на остальных диапазонах, а шкалы сопротивлений будут кратны 10. Если потенциометры подобраны точно, градуировку шкалы сопротивлений можно производить только на одном диапазоне (например 0,5—100 *ом*).

После установки омметра на нуль градуировка сводится к следующему: к зажимам Bx_3 подключаются различные эталонные сопротивления, потенциометр R_9 устанавливается в соответствующее положение и на шкалу наносится величина измеряемого сопротивления.

Аналогично (но на каждом из пяти пределов измерений сопротивлений) производится градуировка шкал емкости и индуктивности.

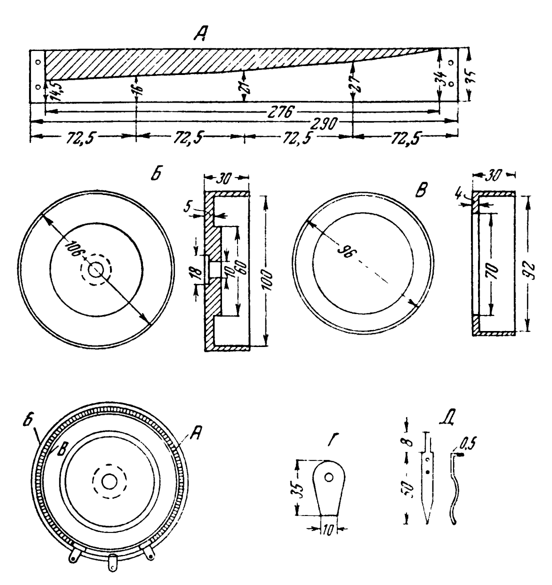
ДЕТАЛИ И КОНСТРУКЦИЯ

Наиболее ответственной деталью прибора является потенциометр R_9, от качества которого зависит точность измерений. Если почему-либо трудно будет изготовить эту деталь, можно в качестве нее использовать готовое переменное сопротивление величиной 300—1 000 *ом*. Желательно, чтобы величина такого сопротивления при перемещении движка изменялась по логарифмическому закону.

На фиг. 18 приведена деталировка конструкции потенциометра, изготовленного автором.

Кольцо *А* для обмотки сопротивления изготовляется из пластинки фибры размерами 290$\times$35 *мм* и толщиной 1 *мм*. Заштрихованная часть этой пластинки аккуратно вырезает-

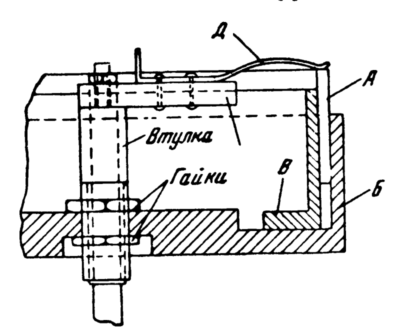
ся. Обмотка наматывается из манганинового провода диаметром 0,2 *мм* с шелковой изоляцией. Провод берется такой длины, чтобы его сопротивление равнялось 500 *ом*. Намотку следует вести от узкого края пластинки к широкому. Провод укладывается плотно (виток к витку). Концы провода прикрепляются к латунным пластинкам с помощью маленьких винтиков или заклепок.



Фиг. 18. Детали потенциометра R_9.

Детали *Б* (корпус сопротивления) и *В*, служащие для крепления кольца с обмоткой, изготовляются из какого-либо изоляционного материала (эбонита, органического стекла и т. п.). Внутрь детали *Б* укладывается кольцо *А* верхней кромкой вверх и плотно прижимается к внутренней стенке деталью *В*. Под кольцо следует подложить вырезанную из него (заштрихованную) полоску. Детали *Г* и *Д* являются частями ползунка. Первая делается из изоляционного материала толщиной в 3—4 *мм*, а деталь *Д*—из фосфористой бронзы толщиной 0,5—0,6 *мм*. Для соединения ползунка с корпусом прибора берут крепежную втулку от старого переменного сопротивления. В нее вставляется металлический стержень соответствующей длины, на котором закрепляется ползунок.

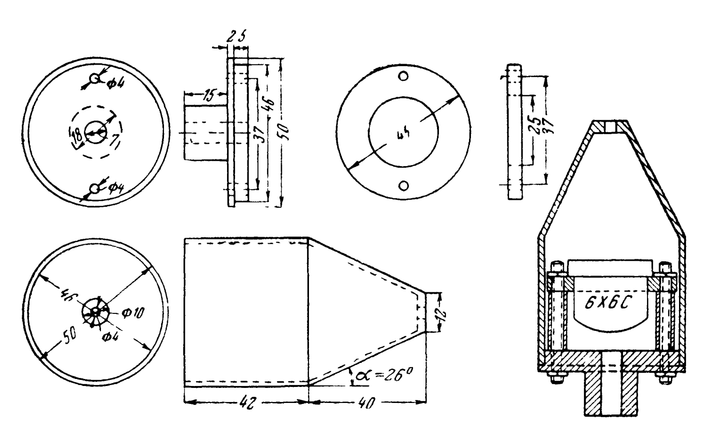
Разрез собранного потенциометра показан на фиг. 19. С ребра обмотки, по которому скользит ползунок, надо счистить наждачной шкуркой шелковую изоляцию.



Фиг. 19. Разрез собранного потенциометра R_9.

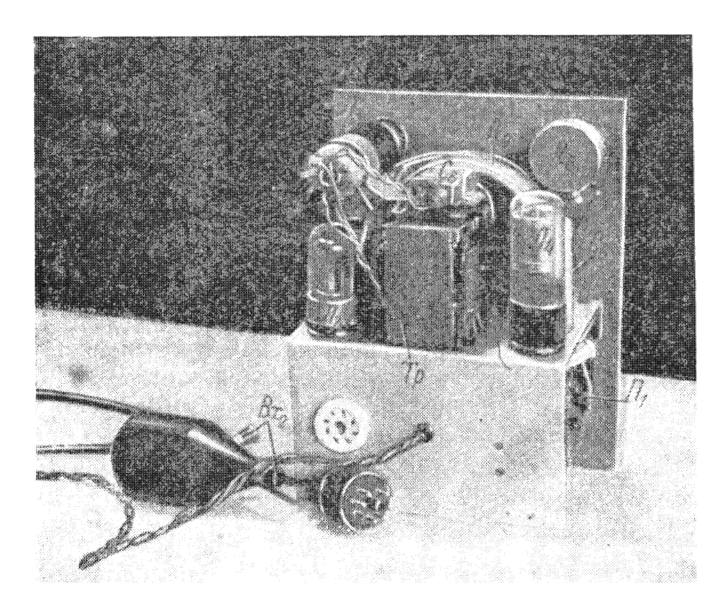
Силовой трансформатор *Тр* в приборе применен самодельный. Сердечник трансформатора сечением 6 *см*² собран из пластин Ш-20. Сетевая обмотка (на 110 *в*) состоит из 770 витков провода ПЭ 0,4, повышающая — 1 500×2 витков провода ПЭ 0,1, накала ламп — 45 витков провода ПЭ 0,9, накала кенотрона — 36 витков провода ПЭ 0,9.

Чертежи деталей пробника приведены на фиг. 20. Корпус пробника лучше всего изготовить из эбонита или органического стекла. В крайнем случае его можно сделать из картона или дерева, но тогда в месте вывода иглы нужно применить эбонитовую втулку. Провода, по которым подводится питание к выносному пробнику, заключены в металлический

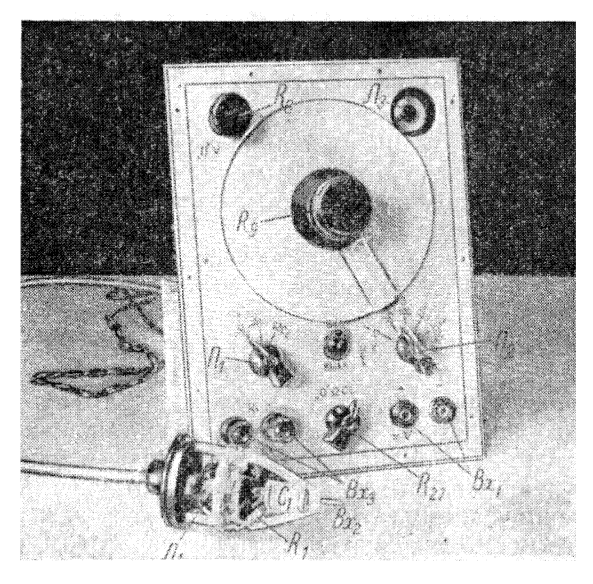


Фиг. 20. Чертежи деталей пробника.

экран. Изоляция провода, идущего от катода лампы $Л_1$ на делитель R_{12} — R_{16}, должна быть высокой. Конец кабеля от выносного пробника припаивается к ламповому цоколю, ко-



Фиг. 21. Вид на собранный прибор сзади.



Фиг. 22. Вид на прибор со стороны передней панели.

торый вставляется в ламповую панель на задней стенке шасси (фиг. 21).

Описываемый прибор собран на алюминиевом шасси, вставляющемся в ящик размерами 185×240×125 *мм*. Внешний вид передней панели прибора приведен на фиг. 22. На этой панели размещены переменные сопротивления R_8, R_9, R_{27}, выключатель электросети *Вк*, зажимы для присоединения измеряемого сопротивления ($Вх_3$) и постоянного напряжения ($Вх_1$), ручки переключателей $П_1$ и $П_2$ и лампа $Л_3$ типа 6Е5С. Каждая ручка на передней панели снабжена соответствующей надписью.

Круглая шкала с нанесенной на ней градуировкой занимает бо́льшую часть площади передней панели. На ручке потенциометра R_9 укреплена пластинка из органического стекла, служащая указателем при отсчете по шкале прибора. Сверху и снизу этой пластинки процарапана линия, позволяющая избежать ошибки при отсчете из-за явления параллакса.

Вольтметр с оптическим индикатором может быть применен при всех измерениях, для которых используются обычные вольтметры.

СИГНАЛ-ГЕНЕРАТОР ДЛЯ НАСТРОЙКИ И НАЛАЖИВАНИЯ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ПРИЕМНИКОВ

(экспонат Г. Н. Джунковского — г. Ленинград)

При настройке и налаживании телевизора на его вход подается сигнал изображения, модулированный по амплитуде, и сигнал звукового сопровождения, модулированный по частоте.

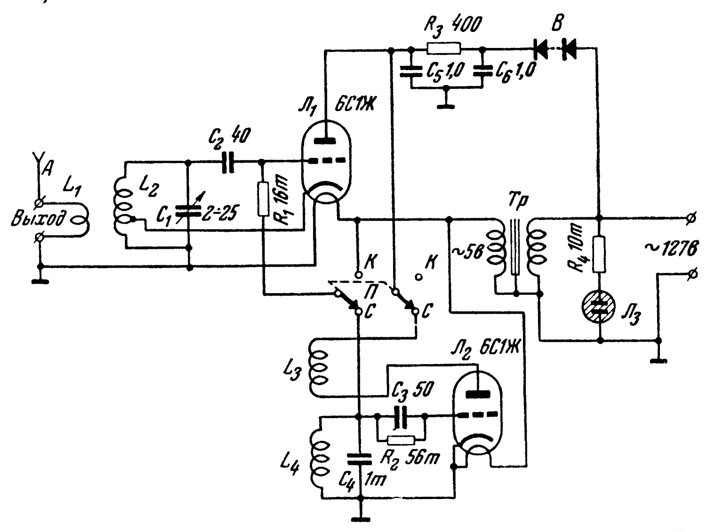
Но так как телевизионные передачи производятся не весь день, а лишь в течение нескольких часов, то настройка и налаживание вновь построенного радиолюбителями телевизора обычно растягиваются на много дней. Это, понятно, является неприятным затруднением. Избежать этого затруднения можно при налачии хотя бы простого сигнал-генератора, позволяющего производить предварительную настройку телевизора. Такой сигнал-генератор крайне полезен и для проверки правильности установки и эффективности действия телевизионной антенны. Описываемый здесь экспонат и является таким телевизионным сигнал-генератором, позволяющим решать упомянутые выше задачи применительно к супергетеродинному телевизионному приемнику и производить

полное налаживание телевизионного приемника прямого усиления.

Простота схемы и конструкции этого прибора делает его общедоступным для радиолюбителей, занимающихся телевидением.

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА СИГНАЛ-ГЕНЕРАТОРА

Описываемый сигнал-генератор (фиг. 23) состоит из двух генераторов — основного генератора переменной частоты с диапазоном от 40 до 60 *мггц* и вспомогательного — модуляционного генератора с фиксированной частотой порядка 250 *кгц*.



Фиг. 23. Принципиальная схема сигнал-генератора для настройки и налаживания телевизионных приемников.

Основной генератор выполнен по трехточечной схеме с катодной связью на у. в. ч. триоде $Л_1$ типа 6С1Ж. Изменение его частоты в пределах 40—60 *мггц* осуществляется с помощью конденсатора C_1, с запасом перекрывающего полосу частот, отведенную для телевизионных передач по первому каналу (49,75—56,25 *мггц*).

Модуляция основного генератора осуществляется путем подачи на управляющую сетку лампы $Л_1$ напряжения синусодиальной формы от обмотки накала понижающего трансформатора *Тр* (50 *гц*) либо от вспомогательного генератора (250 *кгц*).

Для подключения этих напряжений к сетке лампы $Л_1$ служит переключатель *П*. При установке его в положение *К — К* (кадры) на сетку $Л_1$ через сопротивление утечки R_1 подается с обмотки накала модулирующее напряжение с частотой 50 *гц*. Величина модулирующего напряжения составляет около 5 *в*, что соответствует глубине модуляции 80—90%.

Следует отметить, что при модуляции ультракоротковолновых генераторов, работающих в режиме самовозбуждения (особенно при глубокой модуляции), неизбежен эффект не только амплитудной, но и частотной модуляции. Это явление использовано в данном сигнал-генераторе для налаживания звуковых каналов телевизионных приемников.

При установке переключателя *П* в положение *С — С* (строки) на сетку лампы $Л_1$ подается модулирующее напряжение от вспомогательного генератора. Он собран по схеме с индуктивной обратной связью с настроенным контуром в цепи сетки. В качестве генераторной лампы $Л_2$ использован также триод типа 6С1Ж. Частота вспомогательного генератора некритична и выбирается в 15—20 раз выше строчной частоты принятого стандарта. В описываемом генераторе частота контура L_4C_4 примерно в 16 раз выше строчной частоты, применяемой Московским телевизионным центром, что составляет приблизительно 250 *кгц*.

Если при модуляции с частотой 50 *гц* модулирующее напряжение составляло около 5 *в* (что соответствовало глубине модуляции 80—90%), то при модуляции от вспомогательного генератора величина модулирующего напряжения будет значительно больше (порядка 70—80 *в*). При такой величине модулирующего напряжения глубина модуляции значительно превысит 100%, т. е., иначе говоря, основной генератор будет работать в импульсном режиме.

При столь большом модулирующем напряжении форма импульсов основного генератора получается практически прямоугольной с достаточно крутыми передними и задними фронтами. Это дает возможность не только проверять частоту строчной развертки и синхронизации по строкам, но и судить о вертикальной четкости и отсутствии «пластики».

Модулированные колебания основного генератора через виток связи L_1 подаются на излучающий штырек *А* длиной 4 *см*.

Лампы генератора питаются от сети переменного тока напряжением 110—127 *в*: аноды через селеновый выпрямитель *В*, а нити накала через понижающий трансформатор

Тр. Выпрямленное напряжение сглаживается фильтром $R_3C_5C_6$ и подается на аноды ламп обоих генераторов.

В качестве индикатора включения использована неоновая лампочка $Л_3$ с цветной линзой. Напряжение зажигания этой лампочки 75 *в*.

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕРАТОРА

Этот генератор может быть использован для следуюших целей:

1) для настройки каналов изображения и звукового сопровождения телевизионных приемников;

2) для подбора частоты строчной и кадровой развертки;

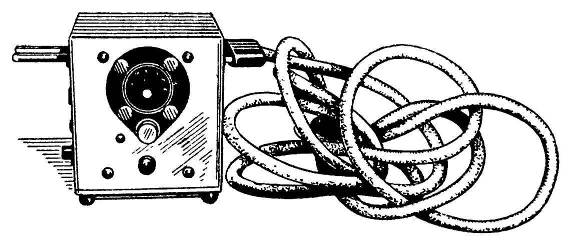
3) для регулировки строчной развертки с целью получения оптимальной линейности;

4) для проверки вертикальной четкости и отсутствия «пластики».

Применение подобного сигнал-генератора при настройке телевизионных приемников значительно ускоряет процесс их предварительной настройки.

ДЕТАЛИ И КОНСТРУКЦИЯ

Катушки L_1 и L_2 намотаны на фарфоровом каркасе медным посеребренным проводом диаметром 1 *мм*. Катушка L_1 содержит 1 виток, а L_2 — 5 витков с отводом от второго витка. Шаг намотки 2 *мм*. Диаметр каркаса 15 *мм*.



Фиг. 24. Общий вид сигнал-генератора.

Катушка L_3 содержит 70 витков провода ПЭЛ 0,15, намотанных внавал, а L_4 — 370 витков провода ПЭШО 0,2, намотка типа «Универсаль». Обе эти катушки наматываются на картонный каркас диаметром 15 *мм*, ширина намотки — около 6 *мм*. Расстояние между их обмотками подбирается опытным путем.

Накальный трансформатор *Тр* может быть любой. Его понижающая обмотка рассчитывается на напряжение 5 *в* и мощность 5 *вт*.

Селеновый столбик *В* берется от приемника «Москвич».

Данные сопротивлений и конденсаторов указаны на схеме фиг. 23.

Общий вид сигнал-генератора приведен на фиг. 24.

ГЕНЕРАТОР СТАНДАРТНЫХ СИГНАЛОВ С ОСЦИЛЛОГРАФОМ

(экспонат В. Л. Мальцева — г. Минск)

При исследовании радиоприемника, т. е. определении таких его основных параметров, как чувствительность, избирательность, полоса пропускания, перекрываемый диапазон, и снятии амплитудной характеристики используется генератор стандартных сигналов (ГСС). Подобные генераторы позволяют подать на вход приемника напряжения, равные фактическим напряжениям от приемной антенны. Генераторы стандартных сигналов, кроме того, широко применяются и для настройки резонансных усилителей, в том числе и полосовых, когда для получения заданной полосы пропускания частот необходимо подобрать нужной величины связь между отдельными контурами и обеспечить соответствующую разность между их частотами настройки.

При использовании обычного генератора стандартных сигналов с амплитудной модуляцией процесс настройки резонансных усилителей весьма трудоемок и кропотлив, так как после каждой манипуляции с контурами приходится снимать по точкам частотную характеристику усилителя и выяснять, как эти манипуляции сказались на форме резонансной кривой.

Процесс настройки резонансных усилителей значительно упрощается и становится наглядным, если на вход усилителя подавать частотно-модулированное напряжение, а на выход подключать катодный осциллограф. В этом случае резонансная кривая усилителя воспроизводится на экране электронно-лучевой трубки осциллографа, и поэтому оператор отчетливо видит все изменения формы этой кривой, происходящие при подгонке настройки контуров.

В целях облегчения процесса настройки резонансных усилителей и радиоприемников т. Мальцев разработал измерительный прибор, который представляет собой сочетание генератора стандартных сигналов, перекрывающего диапа-

зон частот от 100 *кгц* до 28 *мггц*, с осциллографом. В этом генераторе предусмотрена возможность осуществления как амплитудной, так и частотной модуляции с тремя пределами качания частоты (5, 10 и 20 *кгц*) независимо от среднего значения частоты. Управление частотным модулятором производится от генератора треугольного напряжения. Линейная зависимость между отклонением частоты и модулирующим фактором позволяет по масштабной сетке на экране осциллографа определять ширину полосы пропускания резонансных усилителей, настройка которых производится по совмещению двух одновременно наблюдаемых резонансных кривых.

Контроль пределов качания частоты производится также по кривым, получаемым на экране осциллографа.

Для облегчения работы по снятию резонансных кривых «по точкам» в приборе имеется электрический нониус, позволяющий изменять частоту в любой точке диапазона на ± 15 *кгц*. На выходе генератора включены ламповый вольтметр и измеритель глубины модуляции. Выходное напряжение может регулироваться в пределах от 1 *мкв* до 1 *в*. Диапазон частот генератора стандартных сигналов (100 *кгц* — 28 *мггц*) разбит на 7 следующих поддиапазонов: 100—220 *кгц*, 220—420 *кгц*, 420—940 *кгц*, 900—1 950 *кгц*, 1,8—4,7 *мггц*, 5,4—13 *мггц*, 13—28 *мггц*.

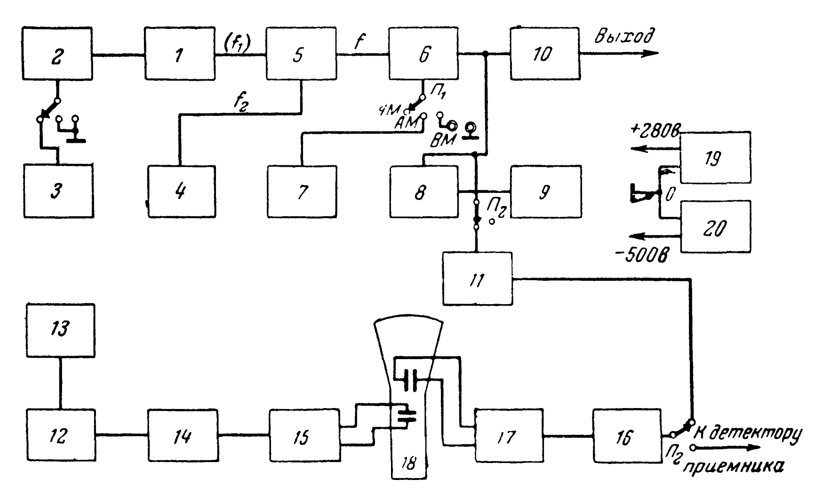
Схема этого экспоната содержит ряд оригинальных узлов, представляющих интерес для радиолюбителей. Поэтому здесь приводится достаточно подробное описание этого прибора.

СХЕМА ГЕНЕРАТОРА СТАНДАРТНЫХ СИГНАЛОВ

На фиг. 25 приведена скелетная схема описываемого генератора стандартных сигналов (ГСС) с осциллографом. Рассмотрим назначение отдельных ее узлов.

Гетеродин *1* совместно с реактивной лампой *2* служит для получения высокочастотных колебаний, модулированных по частоте. Генератор треугольного напряжения *3* управляет работой реактивной лампы и обеспечивает получение линейной зависимости изменения частоты от модулирующего фактора. Напряжения высокой частоты от гетеродинов *1* и *4* подаются на вход смесителя *5*, в анодной цепи которого в результате биений выделяется разностная частота $f = f_2 - f_1$, изменяющаяся в пределах от 100 *кгц* до 28 *мггц*. Для выделения разностной частоты и уменьшения напряжения комбинационных частот на выходе ГСС между

смесителем и выходным устройством введен буферный каскад *6*. В этом каскаде осуществляется также амплитудная модуляция высокочастотного напряжения. Звуковой генератор *7*, дающий напряжение с частотой 400 *гц*, выполняет функции модулятора. Контроль глубины модуляции осуществляется с помощью модулометра *9*. Напряжение ВЧ на входе делителя напряжения *10* контролируется ламповым вольтметром *8*.



Фиг. 25. Скелетная схема генератора стандартных сигналов.

1—гетеродин фиксированной частоты f_1; *2*—частотный модулятор (реактивная лампа); *3*—генератор треугольного напряжения; *4*—гетеродин плавно-переменной частоты f_2; *5*—смеситель; *6*—буферный каскад; *7*—модулятор; *8* — ламповый вольтметр; *9*—модулометр; *10* — аттенюатор; *11* — устройство контроля частоты; *12* — мультивибратор; *13* — синхронизатор; *14* — катодный повторитель; *15* и *17* — парафазные усилители, *16* — предварительный усилитель; *18* — осциллографическая трубка; *19*, *20* — выпрямители для питания ГСС и цепей осциллографической трубки.

Как следует из скелетной схемы, работа генератора стандартных сигналов основана на применении принципа биений, т. е. колебания высокой частоты на выходе прибора получаются в результате смешения в детекторе двух высокочастотных колебаний. Это позволило сравнительно простыми средствами получить необходимую величину девиации частоты независимо от величины разностной частоты на выходе ГСС.

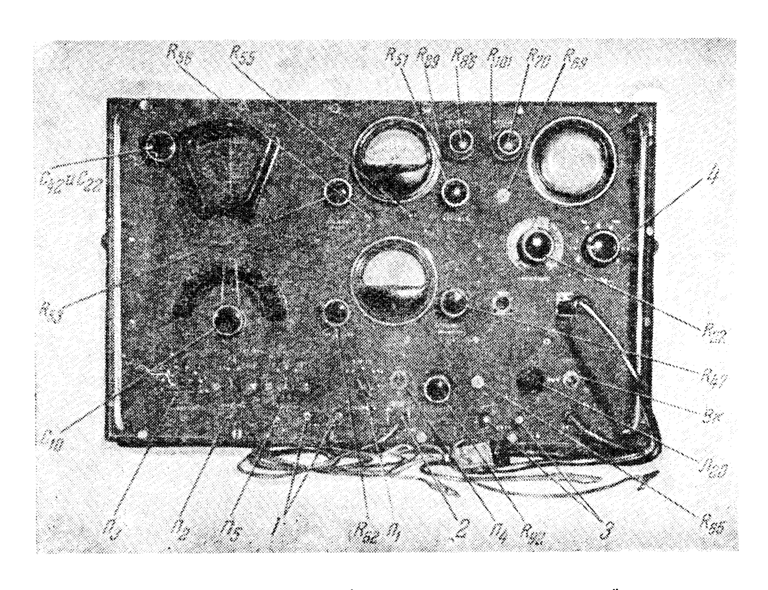
Переключатель $П_1$ служит для переключения прибора на различные виды работы (частотная модуляция ЧМ. ам-

плитудная модуляция АМ или незатухающие колебания ВМ).

Переключателем $П_2$ при частотной модуляции подключается к ГСС устройство для контроля частоты.

Принципиальная схема генератора стандартных сигналов приведена на фиг. 26 (вклейка в конце книги). Рассмотрим работу отдельных ее частей и их взаимодействие.

Гетеродин фиксированной частоты и реактивная лампа. Гетеродин фиксированной частоты f_1, дающий напряжение с частотой 5 *мггц*, работает на лампе $Л_2$ типа 6Ж8 по схеме с индуктивной связью. Его колебательный контур, со-



Фиг. 27. Внешний вид прибора со стороны передней панели.
1 — зажимы „внешняя модуляция"; *2* — к детектору приемника; *3*—зажимы синхронизатора 100 *гц* для подключения внешнего осциллографа: *4* — аттенюатор (R_{24} — R_{27} и R_{124} — R_{126}).

стоящий из катушки L_2 и конденсаторов C_9, C_{10} и C_{12}, включен в цепь управляющей сетки.

Катушка обратной связи L_1 включена в цепь экранной сетки, выполняющей в данной схеме функции анода гетеродина. Переменный конденсатор C_{10}, обладающий небольшой емкостью (нониусный конденсатор), позволяет изменять частоту гетеродина на $\pm$ (0—15) *кгц* относительно его исходной частоты 5 *мггц*. Ось ротора этого конденсатора выведе-

на на переднюю панель (фиг. 27). Отсчет величины изменения частоты производится по шкале, проградуированной в килогерцах. При положении ручки нониусного конденсатора на нуле шкалы частота гетеродина равна 5 *мггц*. Следует отметить, что у контура L_2, C_9, C_{10}, C_{12} полная емкость в процессе изменения частоты на выходе ГСС остается постоянной. Поэтому при повороте ротора конденсатора C_{10} на определенный угол вызванное этим изменение частоты Δf_1 повлечет такое же изменение разностной частоты на выходе ГСС в любой точке перекрываемого диапазона.

Частотная модуляция гетеродина фиксированной частоты осуществляется с помощью реактивной лампы $Л_1$ типа 6К3, подключаемой при помощи переключателя $П_1$ параллельно контуру $L_2C_9C_{10}C_{12}$. Переменное напряжение высокой частоты с анода лампы $Л_2$ через конденсатор C_1 и сопротивление R_1 подается на сетку реактивной лампы. Эти сопротивление и конденсатор служат для компенсации нежелательной амплитудной модуляции, которая возникает вследствие изменения декремента затухания колебательного контура, вызываемого изменением режима работы реактивной лампы. Подбором величины емкостей конденсаторов C_1, C_2 и сопротивления R_1 устанавливается надлежащий сдвиг фаз (несколько отличный от 90°) между напряжением на колебательном контуре и напряжением на управляющей сетке лампы $Л_1$, при котором легче устраняется паразитная амплитудная модуляция, возникающая в процессе частотной модуляции.

При подаче на сетку лампы $Л_1$ периодически меняющегося напряжения треугольной формы вследствие изменения величины реактивного сопротивления лампы с этой же частотой будет линейно изменяться и частота f_1 генератора, а следовательно, и разностная частота на выходе ГСС. Наивыгоднейшее смещение на сетке реактивной лампы, при котором обеспечивается линейность изменения частоты при изменении модулирующего фактора, подбирается в процессе регулировки прибора потенциометром R_{120}. Ось этого потенциометра находится внутри прибора и снабжена шлицом для регулировки.

При работе ГСС в режиме амплитудной модуляции к контуру $L_2C_9C_{10}C_{12}$ подключается емкость C_6, компенсирующая изменение начальной частоты гетеродина, обусловленное отключением реактивной лампы $Л_1$.

С контуром гетеродина фиксированной частоты индуктивно связан контур L_3C_{14}, настроенный на частоту 5 *мггц*.

Для расширения полосы пропускания этот контур зашунтирован сопротивлением R_8. Напряжение ВЧ с этого контура через конденсатор C_{15} подается на сетку лампы $Л_3$ смесительного каскада.

Генератор треугольного напряжения. Генератор треугольного напряжения предназначается для периодического изменения напряжения на сетке реактивной лампы $Л_1$. На фиг. 28 приведена его упрощенная схема. Как видно из этой схемы, генератор работает на лампе $Л_5$ типа 6Ж8. На анод этой лампы через сопротивления R_{31}, R_{32}, R_{34} и R_{33} подается постоянное напряжение U_1, равное падению напряжения на сопротивлении R_{35}, и последовательно с ним переменное (50 *гц*) напряжение 270 *в*, снимаемое с одной из обмоток силового трансформатора. Работает схема следующим образом.

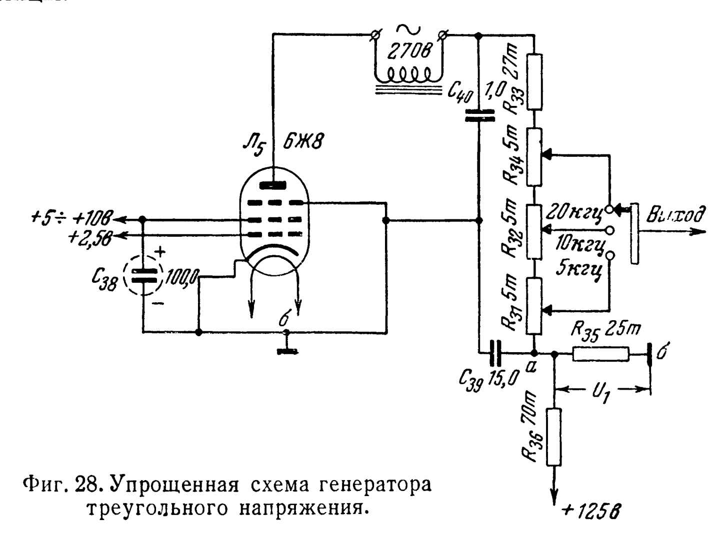
Предположим, что переменное напряжение на обмотке трансформатора выключено. В этом случае конденсатор C_{40} оказывается заряженным до некоторого напряжения $U_c = U_1 - U'_2$ (напряжение U'_2 обусловлено прохождением анодного тока лампы через сопротивления $R_{31} - R_{34}$). При включении переменного напряжения в течение времени, пока полярность на аноде положительна, вследствие уменьшения внутреннего сопротивления лампы $Л_5$ происходит разряд конденсатора C_{40} через лампу. Режим работы для этой лампы выбран так, что в течение времени разряда конденсатора C_{40} ее анодный ток практически не изменяется, а, следовательно, напряжение U_c на конденсаторе и на сопротивлениях R_{31}—R_{34} будет изменяться пропорционально времени.

С изменением полярности переменного напряжения, когда суммарное напряжение на аноде лампы становится отрицательным, конденсатор C_{40} снова начнет заряжаться через сопротивления $R_{31} - R_{34}$. За время, пока напряжение на аноде лампы отрицательно, конденсатор не успевает зарядиться до значения $U_{макс}$. Поэтому практически можно считать, что и заряд его происходит по линейному закону, т. е. пропорционально времени.

Подбором параметров цепей заряда и разряда устанавливается одинаковое время для заряда и разряда конденсатора C_{40}. Поэтому форма напряжения U_c на этом конденсаторе или на сопротивлениях R_{31}—R_{34} будет иметь вид симметричных треугольников, пульсирующих с частотой 50 *гц*. Точка *а* потенциометра R_{35}—R_{36} заземлена через кон-

денсатор C_{39} большой емкости и для напряжения треугольной формы является «нулевой».

Потенциометры R_{31}, R_{32} и R_{34} служат для подачи напряжения треугольной формы на управляющую сетку реактивной лампы. Напряжения подбираются движком такой величины, чтобы получить качание частоты в 5, 10 и 20 *кгц*. Оси этих потенциометров находятся внутри прибора и имеют шлицы.



Фиг. 28. Упрощенная схема генератора треугольного напряжения.

На управляющую сетку лампы $Л_5$ задается напряжение около $+2,5$ *в*, а на экранную ее сетку — около $+5 \div 10$ *в*. Регулировка напряжения на экранной сетке в процессе налаживания прибора производится потенциометром R_{121} (фиг. 26). Экранная сетка заблокирована большой емкостью C_{38} с целью предотвращения колебания напряжения на ней.

Гетеродин плавно-переменной частоты. Гетеродин плавно-переменной частоты f_2 работает на лампе $Л_6$ типа 6С2С по трехточечной схеме с катодной связью. Перекрываемый им диапазон частот 5,1—33 *мггц*. Этот диапазон разбит на 7 поддиапазонов. Переход с одного поддиапазона на другой осуществляется с помощью переключателя $П_3$, имеющего 4 платы. Ввиду того, что коэффициент перекрытия в пределах каждого поддиапазона должен быть меньше коэффициента перекрытия соответствующего поддиапазона буферного каскада, последовательно с переменным конденсато-

ром C_{42} гетеродина включаются подстроечные конденсаторы C_{44}—C_{50}. При налаживании прибора необходимо добиться довольно точного сопряжения настройки контуров этого гетеродина с контурами буферного каскада. Для повышения стабильности работы гетеродина неработающие контурные катушки (сеточные и катодные концы) замыкаются на землю. Кроме того, на поддиапазонах 2, 3, 4 и 5 колебательные контуры L_4C_{51}, L_5C_{52}, L_6C_{53} и L_7C_{54} между катодом и землей шунтированы сопротивлениями R_{39}, R_{40}, R_{41} и R_{42}. Основное назначение этих сопротивлений — устранение паразитной генерации в начале каждого поддиапазона. Связь между гетеродином плавно-переменной частоты и каскадом смесителя применена емкостная — через конденсатор небольшой емкости C_{18}. Напряжение высокой частоты снимается непосредственно с катода лампы $Л_6$.

Смеситель. Смеситель работает на лампе $Л_3$ типа 6Ж4 (лампы других типов не обеспечивали достаточного напряжения для раскачки буферного каскада). Основное назначение смесителя сводится к преобразованию поданных на его вход частот f_1 и f_2 в разностную частоту $f_2 - f_1$. Учитывая, что характеристика смесителя близка к квадратичной, ток в цепи смесителя будет содержать и составляющие с частотами f_1, f_2, $2f_1$, $2f_2$ и $f_1 + f_2$. Все эти переменные составляющие тока в анодной цепи смесителя, проходя через сопротивление нагрузки R_{11}, будут создавать на нем соответствующие падения напряжения.

Выделение напряжения разностной частоты $f = f_2 - f_1$ и отфильтровывание всех остальных составляющих, которые не используются для работы генератора стандартных сигналов, происходит в буферном каскаде ($Л_4$). Как видно из приведенных пояснений, физические процессы, происходящие в смесителе, по существу ничем не отличаются от процессов, имеющих место в односеточном преобразователе супергетеродинного приемника. Разница заключается лишь в том, что в данном случае выделение напряжения разностной частоты происходит не в анодной цепи смесителя, а в последующем каскаде. Кроме того, в процессе перестройки ГСС, осуществляемой изменением частоты гетеродина f_2, разностная («промежуточная») частота не остается постоянной, а изменяется в пределах 0,1—28 *мггц*.

Буферный каскад. Буферный каскад работает на лампе $Л_4$ типа 6Ж4 по простейшей схеме резонансного усилителя с последовательным питанием. Задача буферного каскада сводится к выделению напряжения разностной частоты f_2—f_1

и к ослаблению напряжения всех других частот. Это осуществляется путем настройки того или иного колебательного контура цепи анода буферного каскада на соответствующую разностную частоту. В зависимости от поддиапазона, на котором работает ГСС, переключателем $П_3$ в анодную цепь включается один из колебательных контуров, образованных катушками L_{11} — L_{17}. Остальные колебательные контуры тем же переключателем замыкаются накоротко.

Настройка контуров на разностную частоту производится переменным конденсатором C_{22}, насаженным на общую ось с конденсатором C_{42} генератора плавно-переменной частоты. Необходимое сопряжение настроек контуров L_{11} — L_{17} с контурами L_4 — L_{10} производится подстроечными конденсаторами C_{27} — C_{33}.

Резонансный контур, включенный в анодную цепь лампы, будет иметь наибольшее сопротивление для составляющей разностной частоты. Поэтому из всех составляющих напряжений различных частот, поданных на сетку буферного каскада через конденсатор C_{20}, будет усиливаться лишь составляющая напряжения разностной частоты. По отношению к напряжениям других частот контур будет расстроен и, следовательно, усиление буферного каскада будет весьма малым.

Широкая полоса пропускания указанных контуров, необходимая для неискаженного усиления боковых частот модуляции, достигается шунтированием колебательных контуров L_{11} —L_{15} сопротивлениями R_{13} — R_{17}. Величины этих сопротивлений подбираются опытным путем.

Амплитуда напряжения ВЧ на выходе буферного каскада зависит от величины напряжения на экранной сетке лампы $Л_4$, которое регулируется потенциометром R_{51}. Ручка этого потенциометра выведена на переднюю панель прибора и снабжена надписью «несущая» (фиг. 27).

Дроссели $Др_1$, $Др_2$, $Др_3$, $Др_4$ и конденсаторы C_{19}, C_{21}, C_{25}, C_{26} (фиг. 26) служат для предотвращения пропускания высокой частоты в цепи питания. Амплитудная модуляция осуществляется путем подачи напряжения звуковой частоты с потенциометра R_{47} на экранную сетку. Ручка потенциометра R_{47} также выведена на переднюю панель прибора и снабжена надписью «глубина модуляции» (фиг. 27).

Внутренний модулятор. Внутренний модулятор работает на лампе $Л_7$ типа 6П6С. Он представляет собой генератор звуковой частоты на 400 *гц*, собранный по схеме самовоз-

буждения с индуктивной обратной связью. Для подбора оптимального режима, обеспечивающего устойчивую работу модулятора при малом коэффициенте гармоник, напряжение обратной связи на сетке лампы регулируется потенциометром R_{43}. Эта регулировка производится в процессе налаживания ГСС и при смене лампы. Ручка потенциометра R_{43} установлена внутри прибора.

С выхода модулятора напряжение звуковой частоты через конденсатор C_{61} и переключатель рода работ $П_1$ (устанавливается в положение *АМ*) подается на регулятор R_{47} глубины модуляции. Для работы ГСС от внешнего модулятора выход последнего присоединяется к зажимам *ВМ*, при этом переключатель $П_1$ также устанавливают в положение *ВМ*.

Следует отметить, что схема подачи модулирующего напряжения на экранную сетку буферного каскада выполнена таким образом, что при передвижении ползунка потенциометра R_{47} изменяется лишь коэффициент глубины модуляции при почти неизменной величине несущей частоты на выходе ГСС.

При передвижении же ползунка потенциометра R_{51} изменяется величина несущей при почти неизменном коэффициенте глубины модуляции.

Выходное устройство. Выходное устройство стандарт сигнал-генератора, служащее для регулировки выходного напряжения, состоит из потенциометра R_{22} с плавной регулировкой, ступенчатого делителя напряжения $R_{24} — R_{27}$, $R_{124} — R_{126}$, делителя напряжения $R_{18} — R_{20}$ на конце выходного кабеля и потенциометра R_{51}.

Напряжение высокой частоты с катушек связи $L_{18} — L_{24}$ подается на потенциометр R_{22}, а отсюда через сопротивление R_{21} — на ползунок упомянутого выше ступенчатого делителя. Этот последний имеет 4 ступени для деления напряжения в 1—10—100 и 1 000 раз. С выхода этого делителя напряжение по кабелю подводится к делителю $R_{18} — R_{20}$, имеющему положения 0,1 и 1 и 10. Напряжение от 1 *мкв* до 0,1 *в* снимается с конца кабеля, нагруженного активным делителем напряжения $R_{18} — R_{20}$, а выше 0,1 *в* с потенциометра R_{22} с плавной регулировкой. В этом случае напряжение снимается с отдельного гнезда, к которому подключается кабель.

Для того чтобы ослабить влияние изменения положения ползунка потенциометра R_{22} на нагрузку буферного каскада, часть этого потенциометра шунтирована сопротивлением R_{23}.

Ламповый вольтметр и модулометр. Ламповый вольтметр собран по диодной схеме и для него используется одна половина лампы $Л_8$ типа 6Х6С. Он служит для измерения напряжения высокой частоты, выделяющегося на потенциометре R_{22}. Второй диод лампы 6Х6С используется для компенсации начального тока через гальванометр. Установка нуля гальванометра производится с помощью переменного сопротивления R_{53} при выведенном потенциометре R_{51} или при установке переключателя $П_3$ в первое положение, при котором обрываются анодные цепи буферного каскада и генератора плавно-переменной частоты. В этих случаях на выходе ГСС не будет высокочастотного напряжения.

Необходимая чувствительность лампового вольтметра устанавливается с помощью переменного сопротивления R_{55}.

Модулометр состоит из усилителя низкой частоты на лампе $Л_9$ типа 6П9 и последующего диодного измерителя амплитуды на лампе $Л_{10}$ типа 6Х6С. Гальванометр на 100 *мка*, включенный в цепь левого катода лампы 6Х6С, градуируется непосредственно в процентах глубины модуляции.

Напряжение низкой частоты подается на управляющую сетку лампы $Л_9$ с потенциометра R_{56}, который служит для корректировки шкалы модулометра при замене ламп $Л_9$ и $Л_{10}$.

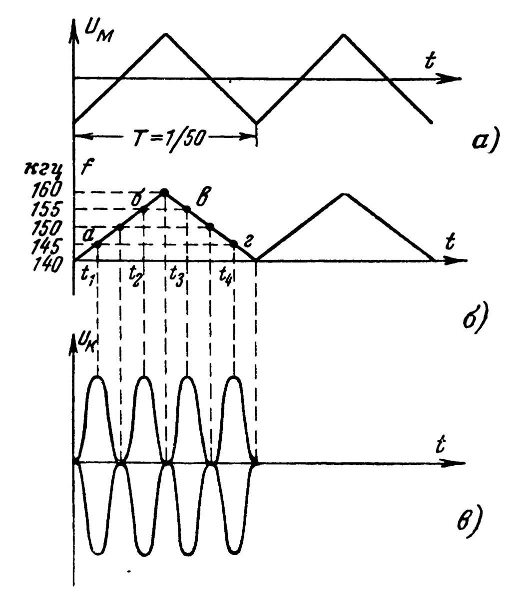
Градуировка модулометра остается точной только при условии, если напряжение на потенциометре R_{22} равно 1 *в*. Правый диод лампы $Л_{10}$ служит для компенсации начального тока в гальванометре модулометра.

Устройство контроля частоты. Устройство для контроля частоты позволяет определять среднюю частоту и величину отклонения ЧМ колебаний, проверять симметричность частотной модуляции и судить о наличии паразитной амплитудной модуляции.

Основными частями устройства для контроля частоты является кварцевый генератор, работающий на лампе $Л_{16}$ типа 6А7 на трех фиксированных частотах (75, 455 *кгц* и 3 *мггц*), и резонансный контур $L_{25}C_{96}$, настроенный на частоту 5 *кгц*. Гетеродинная и экранная сетки лампы используются для работы кварцевого генератора, напряжение которого богато гармониками. На управляющую сетку лампы подается частотно-модулированное напряжение с выхода ГСС. Колебательный контур включается в анодную цепь лампы.

В результате смешения напряжения ЧМ колебаний ГСС и напряжения, даваемого кварцевым генератором, в анодной цепи лампы в отдельные моменты времени будет появляться составляющая разностной частоты, на которую настроен контур $L_{25}C_{96}$. Так как частота напряжения ЧМ колебаний, даваемого ГСС, периодически отклоняется на установленное число килогерц от средней частоты, то за период изменения модулирующего напряжения частота биений в анодной цепи смесителя, равная 5 *кгц*, будет возникать 4 раза. Остановимся более подробно на рассмотрении этого явления.

На фиг. 29,*а* приведена кривая, показывающая, как изменяется модулирующее напряжение с течением времени. Кривая фиг. 29,*б* изображает закон изменения ЧМ колеба-

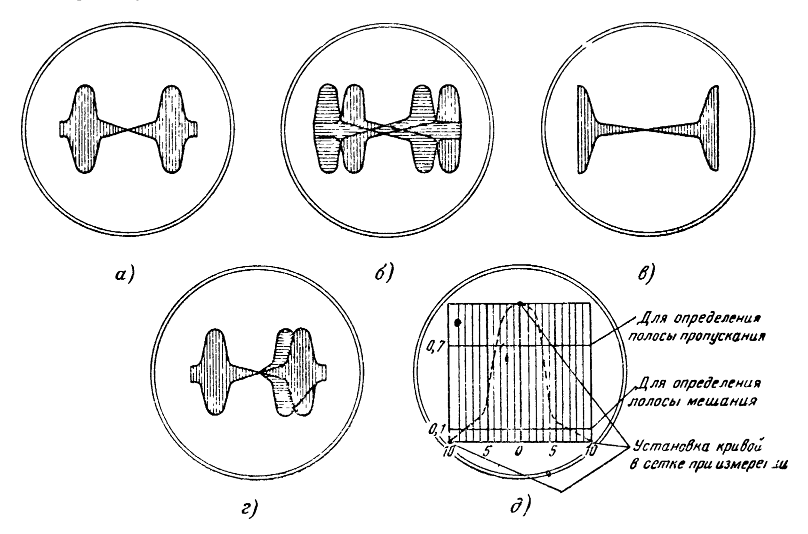


Фиг. 29. Графики, поясняющие работу устройства контроля частоты.

а—график изменения модулирующего напряжения; *б*— график изменения ЧМ напряжения; *в* — график изменения напряжения на контуре $L_{25}C_{96}$.

ний на входе контрольного устройства для случая работы ГСС в режиме ЧМ модуляции на частоте 150 *кгц* с отклонением частоты на ± 10 *кгц*. Так как на втором диапазоне включен кварцевый гетеродин, работающий на частоте

75 *кгц* (частота второй гармоники равна 150 *кгц*), то в течение одного периода изменения модулирующего напряжения ($T = {}^1/_{50}$) в анодной цепи смесителя 4 раза будет существовать ток разностной частоты, равной 5 *кгц*. Мгновенные значения частоты ЧМ колебаний, напряжение которых даст с напряжением второй гармоники кварца частоту биений, равную 5 *кгц*, на фиг. 29,*б* обозначены точками *а*, *б*, *в*



Фиг. 30. Виды осциллограмм.

а — при совпадении средней частоты ЧМ колебаний с частотой кварцевого генератора или его гармоник и при симметричной модуляции; *б* и *г* — при несовпадении средней частоты ЧМ колебаний с частотой кварца или при несимметричной ЧМ модуляции; *в* — при равенстве величины отклонения частоты ЧМ колебаний частоте настройки резонансного контура $L_{25}C_{96}$; *д* — при исследовании резонансных усилителей (на переднем плане видна масштабная сетка).

и *г*. Этим точкам соответствуют частоты ЧМ колебаний, даваемых ГСС, в 145, 155, 155 и 145 *кгц*. В моменты времени t_1, t_2, t_3 и t_4, соответствующие этим частотам, ток разностной частоты создаст на контуре $L_{25}C_{96}$ максимальное падение напряжение $U_к$ (фиг. 29,*в*), которое после усиления подается на вертикальные пластины осциллографа.

Если на горизонтальные пластины осциллографа подать напряжение пилообразной формы с частотой, равной частоте модулирующего напряжения, то на экране трубки осциллографа за один период развертки будет воспроизведена кривая, изображенная на фиг. 29,*в*, т. е. будет изображено 8 резонансных кривых. Если же частоту развертки выбрать в 2 раза выше частоты модулирующего напряжения (100 *гц*),

то на экране трубки осциллографа будет изображено всего только 4 резонансных кривых (фиг. 30,*а*), так как в течение второго периода развертки кривая, получаемая на экране, будет накладываться на кривую, полученную в течение первого периода развертки напряжения. Совпадение этих резонансных кривых будет наблюдаться лишь при условии, если средняя частота ЧМ колебаний, даваемых ГСС, равна частоте кварца или его гармоник. При нарушении этого равенства кривые разойдутся (фиг. 30,*б*).

Таким образом производится контроль средней частоты частотно-модулированных колебаний.

Если величина качания ЧМ колебаний на выходе ГСС равна частоте, на которую настроен контур в анодной цепи смесителя, то на экране осциллографа будет видно по одной половине резонансной кривой (фиг. 30,*в*), т. е. кривая будет точно разрезана пополам и вершина резонансной кривой будет находиться на краях осциллограммы. По виду этой осциллограммы определяется величина отклонения частоты колебаний.

Таким образом, настраивая анодный контур смесителя на разные частоты, можно точно проградуировать его по величине качания частотно-модулированного сигнала ГСС. Однако, как это будет показано ниже, такое усложнение излишне.

Симметрия частотной модуляции также определяется по этой осциллограмме. Если частотно-модулированный сигнал несимметричен, то одна часть кривой будет разрезана меньше, а другая больше. О симметрии частотной модуляции можно судить и по осциллограмме (фиг. 30,*г*), на которой показан случай несимметричной модуляции. Та же осциллограмма для случая симметричной модуляции будет иметь вид, показанный на фиг. 30,*а*.

Наличие паразитной амплитудной модуляции можно обнаружить по осциллограммам, приведенным на фиг. 30,*а* или *б*. При наличии амплитудной модуляции амплитуды наложенных кривых окажутся неравными.

Осциллограф. Осциллограф является вспомогательным устройством к ГСС, и поэтому на разборе его принципиальной схемы мы остановимся кратко.

Осциллограф, входящий в состав ГСС, предназначен для работы только с данным прибором. Он работает на трубке $Л_{18}$ (см. фиг. 26). Частота горизонтальной развертки (100 *гц*) выбрана в 2 раза выше частоты треугольного напряжения (50 *гц*). Источником пилообразного напря-

жения является несимметричный мультивибратор, работающий на лампе $Л_{11}$ типа 6Н8С. Частота развертки в 100 *гц* синхронизируется специальным синхронизатором, выполненным на двух купроксных выпрямителях $К_1$. Этот синхронизатор представляет собой двухполупериодный выпрямитель, нагрузкой которого служит сопротивление R_{113}. Симметрирование выходного пульсирующего напряжения производится потенциометром R_{112}.

Для уменьшения нагрузки на мультивибратор его выход подключается к входу катодного повторителя (левый триод лампы $Л_{12}$ типа 6Н8С) без переходных емкостей. Однако режим катодного повторителя выбран таким, что его управляющая сетка относительно катода находится под напряжением порядка минус 10 *в*.

С катодного сопротивления R_{68} повторителя напряжение пилообразной формы через конденсатор C_{81} подается на потенциометр R_{69} регулировки амплитуды этого напряжения, а затем через небольшой конденсатор C_{82} — на управляющий электрод трубки для затемнения обратного хода луча. С движка потенциометра R_{69} напряжение развертки подается на сетку второго катодного повторителя.

Нагрузкой второго катодного повторителя являются сопротивления R_{71}, R_{72} и потенциометр R_{70}, с которого пилообразное напряжение подается на вход парафазного усилителя, работающего на лампе $Л_{13}$ типа 6Н8С. Как видно из схемы, связь между этими каскадами осуществляется как по постоянному, так и по переменному току. Сделано это с той целью, чтобы получить возможность изменять смещение на сетке парафазного усилителя и, таким образом, изменять положение луча на экране трубки.

Симметричный выход усилителя уменьшает дефокусировку пятна при удалении последнего в процессе развертки от центральной области экрана трубки.

Разница в величинах нагрузочных сопротивлений R_{73} и R_{74} в цепях анодов усилителей не имеет значения, так как осциллограф работает только на одной частоте (100 *гц*).

Усилитель по вертикали выполнен на двух лампах $Л_{14}$ и $Л_{15}$ типа 6Н9С и 6Н8С по парафазной схеме, причем в первом каскаде для усиления используется лишь одно плечо. Усиленное напряжение с первого каскада снимается с помощью переключателя $П_4$ с различной полярностью. Необходимость в этом переключателе объясняется следующими обстоятельствами. В схемах исследуемых приемников иногда находят применение катодные детекторы, которые при

детектировании дают на нагрузке напряжение положительной полярности, в то время как диодные детекторы могут дать отрицательную полярность. Для того чтобы при наблюдении резонансных кривых на экране трубки они не оказались перевернутыми, пришлось ввести переключатель $П_4$.

Ввиду того, что линию развертки по вертикали приходится смещать только вниз с тем, чтобы края осциллограммы находились на нижней линии специальной сетки перед экраном трубки (фиг. 30,*д*), на управляющую сетку левого триода лампы $Л_{15}$ задается небольшое отрицательное напряжение.

Для наблюдения резонансных кривых радиоприемников при их настройке на передней панели имеется специальное гнездо, к которому с помощью шланга, оканчивающегося однополюсной вилкой, подводится напряжение со второго детектора.

Силовая часть. Для питания анодов ламп ГСС применен двухполупериодный кенотронный выпрямитель на лампе 5Ц4С. Выпрямленное напряжение стабилизуется газовым стабилизатором $Л_{19}$. В выпрямителе применен П-образный фильтр.

Для питания анода трубки осциллографа служит селеновый однополупериодный выпрямитель $К_2$, собранный из двух столбиков от приемника «Москвич».

Дополнительная обмотка синхронизатора намотана на силовом трансформаторе $Тр_1$.

ДЕТАЛИ И ИХ ДАННЫЕ

В ГСС применены и самодельные и фабричные детали, причем некоторые из них, как, например, переключатель диапазонов, подверглись переделке. Электрические данные всех сопротивлений и конденсаторов ГСС и осциллографа обозначены на принципиальной схеме (фиг. 26).

Детали, входящие в состав генераторов фиксированной и плавно-переменной частоты (каркасы катушек, ламповые панели, полупеременные конденсаторы), — керамические.

Катушки и дроссели. Контурные катушки L_4 — L_{10} гетеродина плавно-переменной частоты однослойные и (за исключением L_{10}) намотаны на керамических каркасах диаметром 14 *мм*.

Катушки L_4—L_9 намотаны проводом ПЭЛ 0,35. Число витков у каждой из них лежит в пределах 12—20 и подбирается опытным путем по требуемой частоте и перекрытию

каждого поддиапазона при налаживании гетеродина. Катушка L_{10} содержит 6 витков медного посеребренного провода диаметром 1,5 *мм* и наматывается на каркасе диаметром 7—8 *мм*.

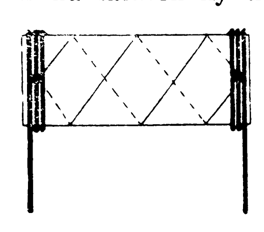
Катушки буферного каскада L_{11} — L_{14} типа «Универсаль» наматываются проводом ПШО 0,15, а однослойные катушки L_{15}—L_{16} — проводом ПШО 0,35. Катушки L_{11}—L_{16} наматываются на каркасах диаметром 14 *мм*.

Данные индуктивностей катушек следующие: L_2 — 4,5 *мкгн*, L_3 — 8 *мкгн*, L_1 — 2 *мкгн*, L_{11} — 11,5 *мгн*, L_{12} — 2,5 *мгн*, L_{13} — 0,65 *мгн*, L_{14} — 140 *мкгн*, L_{15} — 30 *мкгн*, L_{16} — 4 *мкгн*, L_{17} — 0,7 *мкгн*, L_{25} — 0,04 *гн*, L_{27} — 6 *мгн*, L_{28} — 800 *мкгн*, L_{29} — 30 *мкгн*, L_{18}—L_{24} — катушки связи с выходным устройством. Каждая из этих катушек наматывается на одном каркасе с соответствующей контурной катушкой. Число витков у каждой из этих катушек равно $^1/_3$ числа витков соответствующей контурной катушки.

Катушка L_{26} располагается на одном каркасе с катушкой L_{27}. Число витков для нее подбирается опытным путем.

Данные индуктивности дросселей: $Др_1$ — 50 *мкгн*, $Др_2$ — 30 *мкгн*, $Др_3$ — 100 *мгн*, $Др_4$ — 50 *мгн*, $Др_5$ — 0,5 *мгн*, $Др_6$ — 100 *мгн*, $Др_7$ — 100 *мкгн*. Дроссели $Др_3 \div Др_6$ наматываются проводом ПЭЛ 0,15, $Др_1$ и $Др_7$ — проводом ПЭЛ 1,0 и $Др_2$ — проводом ПЭЛ 0,6.

Сопротивления. Обмотка потенциометра R_{22} наматывается на пластинку из текстолита или гетинакса размерами 30 × 120 × 1 *мм*, порядок намотки ее показан на фиг. 31. Потенциометр наматывается из двух отрезков константанового провода ПЭ 0,2. Каждый отрезок выбирается такой длины, чтобы его сопротивление равнялось 300 *ом*. Сначала наматывается один отрезок провода в одном направлении, а затем второй отрезок, но в обратном направлении, причем так, чтобы обе обмотки перекрещивались на каждом витке.



Фиг. 31. Схема намотки потенциометра.

По краям соответствующие концы проводов обеих обмоток спаивают между собой. При такой системе намотки сопротивления практически не обладают индуктивностью и собственной емкостью. Намотанная указанным способом обмотка вставляется в стандартный корпус из-под проволоч-

ного потенциометра и затем сопротивление R_{22} монтируется вместе с диодным вольтметром и дросселями $Др_6$ и $Др_7$ в отдельном экране.

Сопротивления R_{18}—R_{21}, R_{124}, R_{125}, R_{126} и R_{23}—R_{27} наматываются таким же образом, но только на слюдяных пластинках размерами 8×22 *мм*. Для них применяется константановый провод ПШО 0,05.

Трансформатор $Тр_2$ **модулятора.** Сердечник для этого трансформатора собирается из пластин Ш-11, толщина набора 10 *мм*, зазор 0,1—0,3 *мм*.

Анодная обмотка трансформатора имеет 3 000 витков провода ПЭЛ 0,15 с отводами от 800, 1 000, 1 200 и 2 000 витков. Сеточная обмотка содержит 250 витков провода ПЭЛ 0,15.

Силовой трансформатор. Сердечник для силового трансформатора $Тр_1$ имеет сечение 20 *см*^{2}. Он собран из двух сердечников трансформаторов типа Т-3. Число витков на 1 *в* равно 4. Первичная обмотка (для напряжения электросети 110—127 *в*) содержит 440+68 витков провод ПЭЛ 1,0. Экранная обмотка состоит из одного слоя витков провода ПЭЛ 0,2, а повышающая обмотка—из 2 000+2 000 витков провода ПЭЛ 0,2.

Дополнительная обмотка для питания генератора треугольного напряжения (270 *в*) содержит 1 080 витков провода ПЭЛ 0,15. Обмотка для синхронизатора (10 *в*) — 40 витков провода ПЭЛ 0,15. Обмотка накала кенотрона (5 *в*)—20 витков ПЭЛ 1,0 и обмотка накала ламп (6,3 *в*)— 25 витков ПЭЛ 2,0.

Число витков у обмотки накала электронно-лучевой трубки зависит от типа примененной трубки.

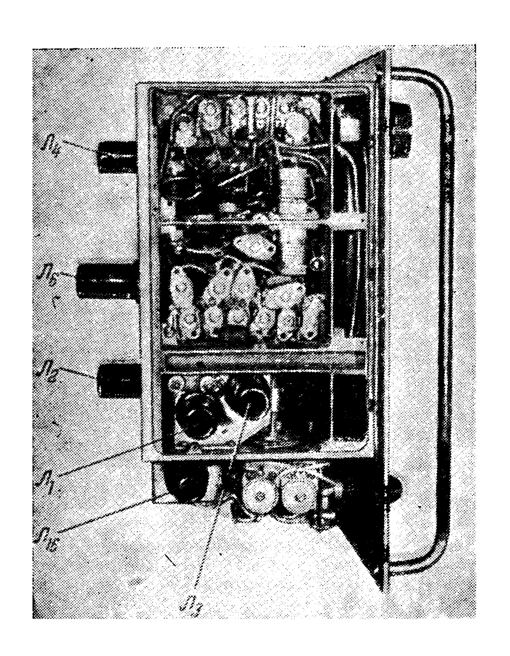
Дроссель фильтра. Сердечник дросселя сечением 6 *см*^{2} собран из пластин типа Ш-19. Обмотка дросселя имеет 2 000 витков провода ПЭЛ 0,2. Воздушный зазор у сердечника равен 0,1 *мм*.

Переключатель диапазонов. В данном приборе применен переделанный заводской трехдиапазонный переключатель. Токоподводящие его лепестки удалены, за исключением одного, и на их места приклепаны нормальные лепестки. Переключатель имеет 8 положений переключения. Платы, предназначенные для замыкания неработающих катушек, изготовлены таким же образом, с той только разницей, что замыкающее кольцо имеет вырез для того, чтобы не замкнуть рабочий диапазон.

КОНСТРУКТИВНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ ПРИБОРА

Внешний вид прибора был приведен на фиг. 27. Его ящик и шасси изготовлены из алюминия толщиной 3 *мм*. Наружные размеры ящика 600×380×280 *мм*.

Высокочастотная часть прибора — генератор на 5 *мггц* ($Л_2$), реактивная лампа $Л_1$, генератор плавно-переменной частоты $Л_6$, смеситель $Л_3$ и буфер $Л_4$ — смонтирована в отдельном блоке разделенном экранами на три отсека (фиг. 32).



Фиг. 32. Монтаж высокочастотного блока.

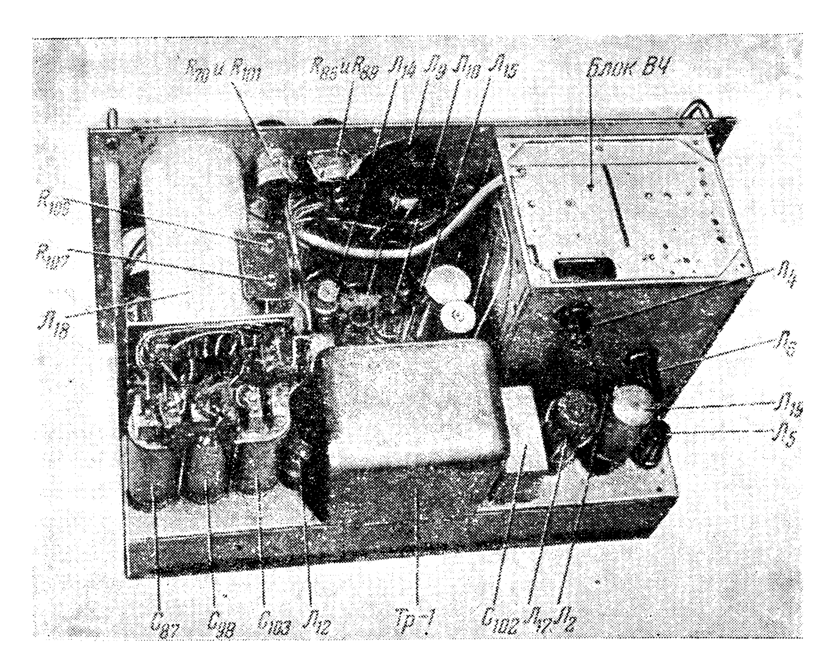
В верхнем отсеке расположены: буферный каскад с контурами и переменным конденсатором, фильтровые дроссели цепи питания и платы переключателя диапазонов.

В среднем отсеке смонтирован генератор плавно-переменной частоты и все относящиеся к нему детали. Оси переменных конденсаторов выведены на лицевую панель, на них насажены двойные шестеренки с пружинками, имеющие одинаковое число зубцов. Пружинки служат для устранения мертвого хода при вращении роторов конденсаторов.

В нижнем отсеке размещены смеситель $Л_3$, генератор на 5 *мггц* $Л_2$ и реактивная лампа $Л_1$, а также все детали, относящиеся к этим каскадам. Переменный конденсатор C_{10} малой емкости также находится в нижнем отсеке.

Следует уделить внимание надежности экранировки узлов нижнего отсека—в первую очередь смесительного каскада, так как не исключена возможность возникновения самовозбуждения, в особенности на длинных волнах.

Расположение других деталей на шасси прибора показано на фиг. 33.



Фиг. 33. Расположение деталей на шасси.

Электронно-лучевая трубка для предотвращения воздействия на нее внешних магнитных полей помещена в экран, сделанный из мягкой листовой стали толщиной 2 *мм*. Из такой же стали сделан и чехол для силового трансформатора.

На той же стойке, на которой находится ламповая панель электронно-лучевой трубки, смонтированы парафазные усилители.

РЕГУЛИРОВКА ПРИБОРА

Регулировку прибора следует начинать с проверки режимов ламп. Напряжения, указанные на схеме, были замерены ламповым вольтметром с входным сопротивлением 10 *мгом* на постоянном токе. Напряжения в цепях ВЧ измерялись вольтметром типа ВКС-7Б.

Рассмотрим кратко порядок регулировки отдельных блоков генератора стандартных сигналов.

Осциллограф. Регулировку осциллографа следует начинать с подгонки частоты мультивибратора и проверки работы синхронизатора.

На выход синхронизатора подключается другой осциллограф. Развернув на его экране несколько синусоидальных импульсов, начинают плавно передвигать ползунок потенциометра R_{112}, стараясь подобрать наивыгоднейшее его положение, соответствующее равенству максимальных значений импульсов. Очень важно, чтобы амплитуды импульсов были точно равны между собой.

После регулировки синхронизатора следует синхронизировать мультивибратор. Ось потенциометра синхронизации должна быть выведена на переднюю панель прибора и иметь шлиц.

Регулировка катодного повторителя $Л_{12}$ сводится к проверке правильности режимов. Ось потенциометра R_{69} для регулировки усиления выведена на переднюю панель прибора и имеет шлиц. Изменением величины сопротивления R_{71}, подключенного параллельно потенциометру R_{70}, служащего для смещения луча в горизонтальном направлении, добиваются получения равных напряжений на концах этого потенциометра относительно шасси.

При дальнейшей регулировке конденсатор, подающий напряжение для гашения обратного хода луча, следует отключить.

Регулировка парафазных усилителей по горизонтали и вертикали сводится к подбору величин сопротивлений анодных нагрузок до получения равных отклоняющих напряжений; последние измеряются с помощью лампового вольтметра.

Генератор фиксированной частоты. Налаживание и настройка этого генератора в основном сводятся к обеспечению стабильности его частоты. Как производятся настройка и регулировка таких генераторов, неоднократно описывалось в радиотехнической литературе и поэтому этот вопрос надо считать общеизвестным.

Реактивная лампа. Регулировка работы реактивной лампы производится после сборки устройства для контроля частоты. При этом на одну из сеток лампы смесителя подается через катушку связи сигнал от генератора с частотой 5 *мггц*, а на другую сетку — сигнал от ГСС-6. К аноду смесителя подключается вход осциллографа.

Поставив прибор в режим ЧМ, следует подать на управляющую сетку лампы $Л_1$ модулирующее треугольное напряжение. Если монтаж схемы выполнен правильно, на экране осциллографа должны появиться осциллограммы, подобные приведенным на фиг. 30,*г*. Затем, совместив частоты генераторов, по картинке проверяют наличие асимметрии ЧМ. Если она резко выражена, то изменением смещения на управляющей сетке реактивной лампы стараются добиться возможно более полной симметричности. На симметричность и ширину качания частоты в сильной степени влияет величина емкостей подстроечных конденсаторов C_1 и C_2.

Затем следует отрегулировать ширину качания ЧМ, что можно осуществить двумя способами.

Первый из них, как было сказано ранее, заключается в применении в аноде лампы смесителя контура НЧ. Настраивая его соответственно ширине качания, т. е. на частоты 5—10—20 *кгц*, добиваются получения осциллограммы, подобной указанной на фиг. 30,*в*.

Второй способ более простой и сводится к установлению перед экраном осциллографа сетки, изображенной на фиг. 30,*д*. Эта сетка по горизонтальной оси линейна. Если контур в аноде лампы смесителя настроен точно на 5 *кгц*, то, подобрав модулирующее треугольное напряжение, можно получить осциллограмму, подобную изображенной на фиг. 30,*д*. При дальнейшем увеличении модулирующего напряжения совершенно ясно, что картинка будет сжиматься в горизонтальном направлении.

Ввиду того, что изменение ЧМ во времени линейно, представляется возможность регулировать ширину качания, подгоняя непосредственно ширину картинки в деления сетки (т. е., если сжать ширину картинки в 2 раза, ширина качания будет 10 *кгц*, а при сжатии в 4 раза ширина качания будет 20 *кгц*).

Переключатель ширины качания имеет соответственно надписи 5—10—20 *кгц*.

Смесительный и буферный каскады. Налаживание смесительного каскада сводится к подбору таких величин емкости конденсаторов связи C_{15} и C_{18}, при которых напряже-

ние на выходе буферного каскада максимально. Емкости эти подбираются после регулировки буферного каскада.

При регулировке буферного каскада надо от ГСС-6 подать сигнал на управляющую сетку его лампы. Подаваемая частота должна соответствовать перекрываемому поддиапазону. Настраивая в резонанс анодные контуры буферного каскада, следует одновременно подбирать связь с выходом. Момент максимума напряжения на выходе прибора должен отмечаться диодным вольтметром. Регулировка диодного вольтметра ничем не отличается от регулировки подобных ему приборов.

В дальнейшем, соединив смеситель с буфером, производят сопряжение, проверяя каждый раз перекрытие по диапазону.

Регулировка нужного перекрытия гетеродином плавно-переменной частоты осуществляется методом нулевых биений. Для этого на сетку смесителя подаются сигнал от ГСС-6 и напряжение от гетеродина плавно-переменной частоты. Установив ГСС-6 на крайние частоты каждого поддиапазона, регулировкой сопрягающих конденсаторов достигают нужного перекрытия.

Сопротивления, шунтирующие контуры в цепи анода, подбираются с таким расчетом, чтобы напряжение ВЧ на катушке связи соответствовало бы не менее 1 *в*. При этом ширина полосы пропускания практически оказывается вполне достаточной. Коротковолновые катушки двух последних диапазонов можно не шунтировать, так как полоса оказывается вполне достаточной.

Модулометр. Порядок регулировки модулометра не отличается никакими особенностями. Глубина модуляции по осциллографу устанавливается 100%. С помощью потенциометра чувствительности R_{56} устанавливается максимальное показание гальванометра. В дальнейшем, изменяя глубину модуляции, наносят градуировку.

Устройство для контроля частоты ЧМ. Настройка этой части прибора сводится в основном к следующему: требуется настроить контур в цепи анода смесителя на частоту 5 *кгц* и добиться возникновения колебаний кварцевого гетеродина. Для настройки анодного контура на управляющую сетку лампы смесителя подают сигнал от звукового генератора с частотой 5 *кгц* и, присоединив ламповый вольтметр к аноду, добиваются наступления резонанса.

При регулировке кварцевого генератора включают в цепь экранной сетки лампы миллиамперметр и по его показаниям

судят о наличии колебаний; при этом можно замыкать и размыкать контур.

Следует заметить, что длинноволновый кварц (Y-среза) возбуждается плохо, поэтому потребовалось ввести катушку обратной связи L_{26}.

Частоты, соответствующие гармоникам кварца, на которых можно производить контроль ЧМ сигнала, помечены на шкале ГСС белыми треугольниками. При работе с описываемым сигнал-генератором значительно упрощается процесс настройки различных резонансных радиоустройств.

КАТОДНЫЙ ОСЦИЛЛОГРАФ С УСИЛИТЕЛЕМ ПОСТОЯННОГО ТОКА

(экспонат В. И. Парфенова — г. Тбилиси)

Описываемый осциллограф благодаря применению в нем усилителя постоянного тока обладает большой универсальностью.

Как известно, катодные осциллографы, выпускаемые нашей промышленностью, содержат усилители переменного тока с емкостной связью между каскадами. Такие усилители дают неодинаковое усиление в области низких и высоких частот. Практически завал частотной характеристики в области высоких частот удается несколько скомпенсировать введением в схему упомянутых усилителей, корректирующих индуктивностей и применением низкоомных нагрузок в их анодных цепях.

Однако с понижением частоты реактивное сопротивление переходных емкостей настолько возрастает, что получить усиление частот порядка нескольких герц без заметных искажений становится невозможным.

Между тем при осциллографировании биотоков, фототоков или термотоков приходится сталкиваться с весьма медленными колебаниями, которые иногда измеряются долями одного герца. В радиотехнике при налаживании релаксационных генераторов, мультивибраторов и других источников колебаний приходится иметь дело с колебаниями прямоугольной или иной более сложной формы, которые наряду с гармониками высшего порядка часто содержат и составляющие с медленным изменением амплитуды. В этих случаях усилители переменного тока не могут обеспечить неискаженное усиление исследуемых токов и поэтому приходится применять усилители с непосредственной связью, т. е. усилители постоянного тока.

Область применения осциллографа с усилителем постоянного тока в измерительной технике значительно шире, чем осциллографа с усилителем переменного тока. С его помощью можно измерять постоянные напряжения и токи, просматривать без искажений любые несинусоидальные колебания, снимать и фиксировать характеристики радиоламп, кривые заряда и разряда конденсаторов любой емкости и пр. При необходимости просмотреть только переменную составляющую исследуемого тока последнюю можно подавать на вход усилителя через конденсатор.

Ниже приводится описание катодного осциллографа с усилителем постоянного тока, который в сочетании с электронным тензометром применялся автором для измерения и записи механических напряжений и деформаций, возникающих в строительных конструкциях и деталях машин от действия статических и динамических нагрузок.

Частотная характеристика усилителя этого осциллографа прямолинейна в полосе частот от 90 *кгц* до нуля, т. е. до постоянного напряжения. Коэффициент усиления его на этих частотах превышает 5 000 и лишь на частоте 340 *кгц* уменьшается вдвое.

Прибор стабилен в работе: колебания напряжения питающей сети в пределах $\pm 5\%$ вызывают изменение выходного напряжения всего лишь на ± 14 *мв*, что вызывает почти незаметное смещение луча на экране осциллографа.

Благодаря симметрии схемы температурные изменения после 5—8 мин. прогрева усилителя практически не влияют на положение «нулевой» линии и на масштаб регистрации осциллографа.

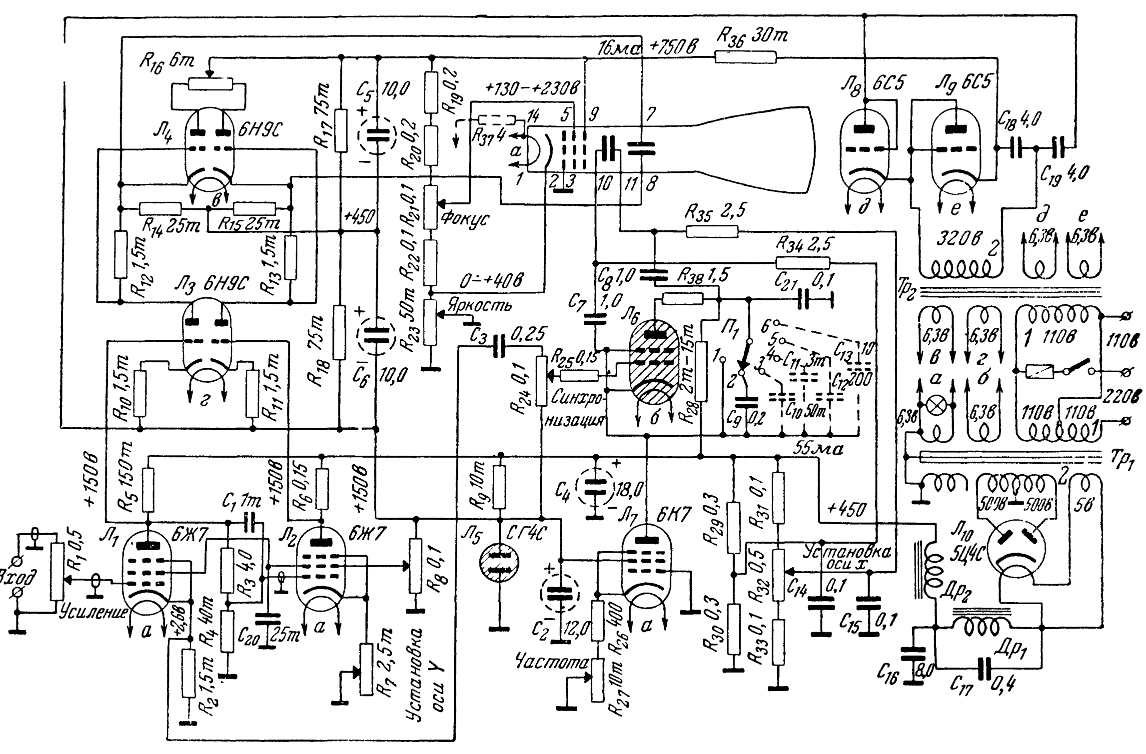
Входное сопротивление усилителя составляет 0,5 *мгом* при входной емкости 35 *пф* (*мкмкф*). Максимальное входное напряжение равно 250 *в*. Чувствительность осциллографа по оси *Y* с трубкой 8ЛО29 равна 2 800 *мм/в*, а с трубкой DG-9/4 — 3 150 *мм/в*.

Питается прибор от сети переменного тока напряжением 110—220 *в*, потребляя мощность 65 *вт*.

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА

Принципиальная схема осциллографа изображена на фиг. 34. Осциллограф состоит из следующих трех узлов: усилителя исследуемых сигналов, блока развертки и выпрямителей для питания цепей схемы и трубки.

Усилитель постоянного тока состоит из двух каскадов, причем в первом из них применены две лампы типа 6Ж7,



Фиг. 34. Принципиальная схема осциллографа.

из которых вторая $Л_2$ служит для переворачивания фазы. Во втором (выходном) каскаде работают две лампы типа 6Н9С ($Л_3$ и $Л_4$), включенные по мостовой схеме. Исследуемое напряжение, подводимое к входу осциллографа, поступает на управляющую сетку лампы $Л_1$. Величина этого напряжения регулируется потенциометром R_1. Усиленное напряжение с анодной нагрузки лампы $Л_1$ поступает на управляющую сетку лампы $Л_3$ выходного каскада и одновременно на делитель напряжения R_3R_4. С последнего сигнал поступает на управляющую сетку лампы $Л_2$.

Делитель R_3R_4 имеет отношение 100 : 1, равное коэффициенту усиления первого каскада, в котором работает лампа $Л_1$. Положительный потенциал, поступающий на управляющую сетку лампы $Л_2$, компенсируется дополнительным отрицательным напряжением смещения, снимаемым с сопротивления R_7. С помощью этого же сопротивления производится балансировка всего усилителя и перемещение в небольших пределах луча на экране осциллографа вдоль вертикальной оси.

Напряжение на экранные сетки ламп $Л_1$ и $Л_2$ снимается с потенциометра R_8. Эти лампы работают в таком режиме, что их анодные токи почти не зависят от величины анодного напряжения. Благодаря этому колебания напряжения питающей сети не вызывают дополнительной разности потенциалов на сетках лампы $Л_3$. Положительный же потенциал (+150 *в*), поступающий на сетки лампы $Л_3$ с сопротивлений R_5 и R_6, компенсируется стабилизованным напряжением, снимаемым со стабиловольта $Л_5$ типа СГ4С.

Триоды ламп 6Н9С выходного каскада усилителя включены по сбалансированной мостовой двухтактной схеме. В диагональ этого моста включены сопротивления R_{14} и R_{15}, служащие нагрузкой выходного каскада. С этих сопротивлений напряжение подается на вертикальные отклоняющие пластины электронно-лучевой трубки.

Как видно из принципиальной схемы, оба триода лампы $Л_4$ включены в мост по схеме с катодными нагрузками. Следовательно, коэффициент усиления каждого из триодов этой лампы меньше единицы. Коэффициент же усиления выходного каскада в целом в основном определяется той частью его схемы, в которой работают триоды $Л_3$ с анодными нагрузками. У данной конструкции усилителя коэффициент усиления выходного каскада больше 50.

Переменное сопротивление R_{16} служит для балансировки моста. Ввиду полной симметрии этого усилителя отпадает

необходимость в блокировочных конденсаторах в цепях катодов ламп.

Для визуального просмотра исследуемых колебаний в осциллографе предусмотрен генератор напряжения пилообразной формы, который осуществлен на тиратроне типа ТГ1-0,1/1,3 с зарядной лампой 6К7 (лампы $Л_6$ и $Л_7$).

Работа генератора развертки происходит следующим образом. Пока тиратрон $Л_6$ погашен, происходит заряд одного из конденсаторов C_9 — C_{13} через сопротивление R_{28} и лампу $Л_7$ от источника анодного напряжения. Лампа $Л_7$ работает в режиме насыщения, и поэтому напряжение на конденсаторе возрастает по линейному закону. В момент, когда напряжение на конденсаторе достигает величины напряжения зажигания тиратрона, начнется процесс ионизации и конденсатор начнет быстро разряжаться через тиратрон. Процесс разряда будет продолжаться до момента достижения на конденсаторе напряжения, равного величине напряжения погасания, при котором тиратрон погаснет и процесс заряда начнется снова. Таким образом, в описываемой схеме будет периодически повторяться процесс медленного заряда одного из конденсаторов C_9 — C_{13} через сопротивление R_{28} и лампу $Л_7$ и быстрого разряда этого конденсатора через тиратрон.

В результате этого процесса напряжение на упомянутом конденсаторе будет иметь пилообразную форму. Это напряжение с помощью конденсаторов C_7 и C_8 подается на горизонтальные отклоняющие пластины.

Частота колебаний генератора пилообразного напряжения определяется емкостью конденсаторов C_9 — C_{13} и сопротивлением зарядной лампы $Л_7$. Грубая регулировка частоты развертки производится изменением емкости зарядных конденсаторов C_9 — C_{13} с помощью переключателя $П_1$.

Плавная регулировка частоты развертки осуществляется изменением смещения на управляющей сетке лампы $Л_7$, которое регулируется переменным сопротивлением R_{27}, включенным в цепь катода.

Для устойчивого положения исследуемой кривой на экране в осциллографе предусмотрена синхронизация. Синхронизация развертки осуществляется от исследуемого напряжения путем подачи его на управляющую сетку тиратрона. Регулировка напряжения синхронизации производится потенциометром R_{24}, на который подается напряжение исследуемого сигнала с катодной цепи лампы $Л_1$.

Выключается генератор развертки установкой ползунка переключателя $П_1$ на контакт *1*. Амплитуда пилы генератора устанавливается подбором величины сопротивления R_{28}.

По условиям, в которых эта конструкция использовалась автором, достаточно было иметь в осциллографе генератор развертки на диапазон частот всего только от 8 до 70 *гц*, который плавно перекрывается изменением переменного сопротивления R_{27} с зарядным конденсатором C_9.

При необходимости диапазон частот генератора развертки может быть расширен до 23 *кгц*. Для этого придется добавить у переключателя контакты 3—6 и применить дополнительные конденсаторы C_{10} — C_{13}, показанные на принципиальной схеме пунктиром.

Питание осциллографа производится от двух кенотронных выпрямителей. Один из них (двухполупериодный на лампе 5Ц4С) питает лампы $Л_1$ и $Л_2$ первого каскада усилителя и генератор развертки, а другой (на двух лампах 6С5, включенных по схеме удвоения) — выходной каскад.

Двухзвенный сглаживающий фильтр первого выпрямителя начинается с дросселя $Др_1$. Выпрямитель с таким фильтром имеет более пологую нагрузочную характеристику, чем обеспечивается меньшая зависимость величины выпрямленного напряжения при колебании тока нагрузки.

В целях уменьшения пульсаций выпрямленного тока входной дроссель фильтра $Др_1$ настроен подбором емкости конденсатора C_{17} на основную частоту пульсаций — 100 *гц*.

Электронно-лучевая трубка питается от обоих выпрямителей, напряжения которых складываются. При этом от первого выпрямителя для питания трубки используется только часть напряжения (150 *в*).

С реостатного делителя напряжения R_{19}, R_{20}, R_{21}, R_{22}, R_{23} снимаются напряжения на сетку и первый анод трубки.

Потенциометром R_{23} регулируется яркость изображения на экране, а изменением с помощью потенциометра R_{21} напряжения на первом аноде трубки производится фокусировка изображения.

Смещение луча вдоль горизонтальной оси осуществляется потенциометром R_{32}. Перемещением его ползунка изменяются величина и знак постоянного напряжения, поступающего через развязывающий фильтр $R_{35}C_{15}$ на горизонтальную пару отклоняющих пластин трубки.

ДЕТАЛИ ОСЦИЛЛОГРАФА

Кроме силовых трансформаторов $Тр_1$ и $Тр_2$, все детали осциллографа — заводского производства. Самостоятельно изготовлены: шасси, передняя панель, экраны и детали крепления электронно-лучевой трубки.

Электрические величины всех сопротивлений и конденсаторов указаны на принципиальной схеме. Необходимо заметить, что качество деталей, применяемых в усилителе, должно быть очень высоким. Отклонения от электрических величин, указанных на фиг. 34, не должны превышать $\pm 5\%$. Необходимо применять лампы с полноценной эмиссией.

Трансформатор $Тр_1$ имеет сердечник сечением 15 *см*². Сетевая обмотка *1* содержит 385 витков (110 *в*) + 385 витков (220 *в*) провода ПЭЛ 0,6. Повышающая обмотка *2* состоит из 2 × 1 750 витков провода ПЭЛ 0,18. Данные накальных обмоток следующие: обмотка *а* содержит 22 витка провода ПЭЛ 0,9, обмотка *б* — 22 витка провода ПЭЛ 0,44, обмотка *в* — 17 витков провода ПЭЛ 0,9.

Сечение сердечника трансформатора $Тр_2$ равно 12 *см*². Сетевая его обмотка *1* содержит 473 витка (110 *в*) провода ПЭЛ 0,44, а повышающая обмотка *2* состоит из 1 370 витков провода ПЭЛ 0,15. Четыре его накальных обмотки (*в, г, д, е*) содержат по 27 витков провода ПЭЛ 0,44 (обмотки *д* и *е* предназначены для накала ламп $Л_8$ и $Л_9$). Между сетевыми и остальными обмотками трансформаторов применены электростатические экраны.

Дроссели $Др_1$ и $Др_2$ типа Д-3 заводского производства.

Переменное сопротивление R_{16} — проволочное, остальные — мастичные.

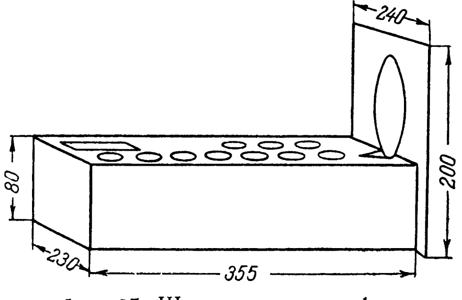
Электронно-лучевая трубка типа DG-9/4 имеет экран диаметром 100 *мм*. Напряжение накала этой трубки 4 *в*, поэтому в цепь ее нити включено гасящее сопротивление R_{37}.

Хорошие результаты были получены с трубкой типа 8ЛО29, диаметр экрана которой равен 75 *мм*. На схеме фиг. 34 номера штырьков указаны для трубки 8ЛО29.

КОНСТРУКЦИЯ И МОНТАЖ

Осциллограф смонтирован на прямоугольном шасси, изготовленном из листового алюминия толщиной 1,5 *мм* (фиг. 35). К передней металлической стенке шасси прикреплена эбонитовая панель с выгравированными на ней шкалами и надписями (фиг. 36). Для удобства выдвигания шасси

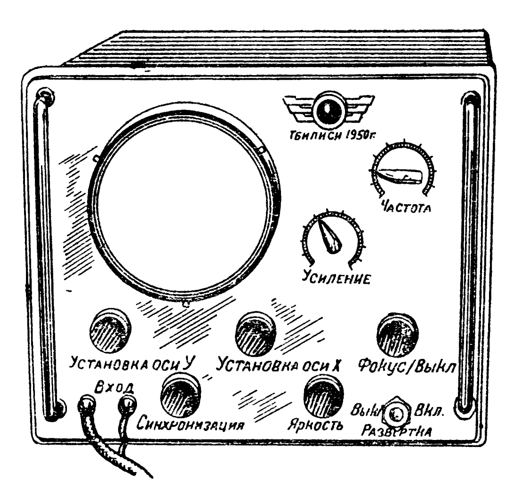
из кожуха и предохранения органов управления от механических повреждений к передней панели прикреплены ручки, изготовленные из стального прутка диаметром 8 *мм*.



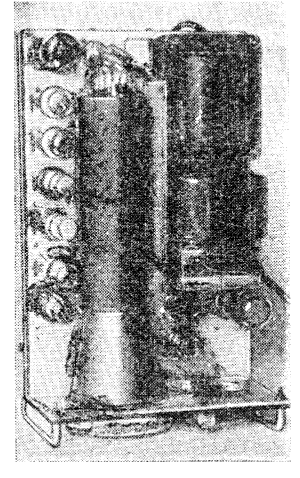
Фиг. 35. Шасси осциллографа.

Электронно-лучевая трубка со стороны экрана вставлена в металлическое кольцо. На выступающую часть этого кольца насаживается и закрепляется на трех шпильках фотосъемочная камера.

Во избежание электромагнитных наводок электронно-лучевая трубка снабжена цилиндрическим экраном, сделанным из листовой стали толщиной 1,5 *мм*. С той же целью



Фиг. 36. Передняя панель осциллографа.


Фиг. 37. Расположение деталей на шасси осциллографа.

между силовыми трансформаторами и цилиндрическим экраном трубки расположен дополнительный экран с наружными размерами 180×90 *мм*, сделанный из мягкой листовой стали толщиной 1,5 *мм*. Размещение деталей на шасси осциллографа показано на фиг. 37.

Для регулировки при помощи отвертки переменных сопротивлений R_8 и R_{16} на торцах их осей сделаны пропилы. Эти сопротивления смонтированы на шасси и оси их не выведены наружу.

Вся конструкция заключена в металлический кожух размерами 240 × 200 × 360 *мм*.

НАЛАЖИВАНИЕ

После тщательной проверки всего монтажа осциллограф включают в сеть.

Налаживание его следует начинать с проверки работы выпрямителей и с установления соответствующего режима электронно-лучевой трубки. Выпрямитель на лампе 5Ц4С под нагрузкой должен давать после дросселя $Др_2$ напряжение 450 *в*, а второй выпрямитель между левым концом сопротивления R_{36} и минусом конденсатора C_6 — 600 *в*.

Все измерения в приборе желательно производить вольтметром, обладающим сопротивлением не менее 15 000—20 000 *ом/в*.

На электродах электронно-лучевой трубки по отношению к корпусу шасси должны быть следующие напряжения: на катоде от 0 до +40 *в* (в зависимости от положения движка потенциометра R_{23}), на первом аноде — от +130 до +230 *в* (в зависимости от положения движка потенциометра R_{21}) и на втором аноде +750 *в*.

Следует помнить, что отдельные цепи осциллографа находятся под достаточно высокими напряжениями, поэтому необходимо соблюдать соответствующие меры безопасности: при замене или подборе отдельных деталей в монтаже следует выключать осциллограф из сети.

Подобрав нормальный режим электронно-лучевой трубки, включают блок развертки, из панели вынимают лампу $Л_3$ и с помощью потенциометра R_{16} и R_{32} устанавливают луч на середину экрана. Если по горизонтальной оси луч окажется смещен в сторону и его не удается установить на середину экрана, надо проверить качество конденсаторов

C_7 и C_8, а также измерить напряжения на сопротивлениях делителей R_{29} — R_{30} и R_{31} — R_{32} — R_{33}.

На сопротивлениях делителя R_{29} — R_{30} должно быть одинаковое напряжение по 225 *в*, а на сопротивлениях R_{31} и R_{33} — по 65 *в*.

Если и при этом режиме луч не будет при регулировке сопротивления R_{32} перемещаться по всему экрану вдоль горизонтальной оси влево и вправо, придется изменить величину сопротивления R_{30}.

Затем можно перейти к налаживанию усилителя. Процесс его налаживания очень прост, поскольку индикатором настройки служит электронно-лучевая трубка.

Сначала балансируется выходной каскад. Лампа $Л_3$ вставляется в свою панель и оба ее сеточных провода присоединяются к «минусу» конденсатора C_6. Для этого их надо предварительно отпаять от панелек ламп $Л_1$ и $Л_2$. Затем с помощью сопротивлений R_{16} и R_{32} луч устанавливается точно на середину экрана трубки. После этого вывод от одной из сеток лампы $Л_3$ надо соединить с анодным гнездом в панельке лампы $Л_1$ и, установив входной потенциометр R_1 в «нулевое» положение, с помощью сопротивления R_8 опять переместить луч на экране на прежнее место. Присоединив затем проводник второй сетки лампы $Л_3$ к контакту панельки лампы $Л_2$, с помощью сопротивления R_8 вновь перемещают луч в «нулевое» положение.

Этими операциями усилитель будет полностью сбалансирован и отрегулирован. В дальнейшем описанные операции придется повторять лишь при замене ламп. В процессе же эксплуатации усилитель балансируется с помощью сопротивления R_7.

Налаживание генератора пилообразных напряжений, если он собран точно по данным, указанным на схеме, сводится в основном к подбору сопротивления R_{28}, от величины которого зависит амплитуда пилы.

При тщательном подборе деталей и при правильной подгонке режимов осциллограф работает устойчиво и надежно. Пользуясь подобным осциллографом, можно производить ряд интересных исследований.

В заключение следует отметить, что для наблюдения электрических процессов с очень низкой частотой колебаний наиболее целесообразно применить в осциллографе трубку с большим послесвечением, так как в этом случае на экране не будет наблюдаться «мигание» исследуемой кривой.

ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЕМКОСТИ И УГЛА ПОТЕРЬ

(экспонат И. В. Буслера и О. П. Крамарова — г. Ростов н/Дону)

Одной из самых распространенных деталей в радиоаппаратуре являются конденсаторы. Высокое качество применяемых конденсаторов—один из важнейших факторов, обеспечивающих безотказную работу аппаратуры. Основные параметры конденсатора — емкость и угол потерь.

Знание величины емкости конденсатора позволяет свести к минимуму время, необходимое для налаживания той или иной радиоаппаратуры.

Угол потерь δ (в угловых единицах либо процентах), характеризующий потери конденсатора, является очень важным параметром при работе конденсатора в цепях высокой частоты, а также при больших напряжениях на низкой частоте, например в феррорезонансных стабилизаторах. Обычно радиолюбители не имеют возможности учесть этот важный параметр из-за отсутствия соответствующей измерительной аппаратуры. Многие же радиолюбители не придают значения этому параметру и в лучшем случае определяют качество конденсатора путем измерения с помощью мегомметра сопротивления его изоляции постоянному току. Однако этот способ не дает возможности определить потери, возникающие в материале диэлектрика при воздействии на него переменного поля.

Между тем в ряде случаев нельзя пренебрегать диэлектрическими потерями в конденсаторе.

Для измерения емкости конденсаторов и угла потерь на низких частотах тт. Буслером и Крамаровым был сконструирован описываемый здесь мост, обеспечивающий высокую точность. Такой прибор может быть полезен как для радиоклубов, так и заводских лабораторий. Выполнение его хотя и сложно, но вполне доступно квалифицированным радиолюбителям, имеющим опыт в постройке различной измерительной аппаратуры.

Краткая характеристика прибора. Диапазон частот, на которых можно вести измерения, составляет от 2 до 10 000 *гц*, пределы измерений емкости — от 5 *мкмкф* до 100 *мкф* и угла потерь—от 0,2 до 100% (при частоте 50 *гц*). Погрешность точности измерений емкостей от 5 до 1 000 *мкмкф* не превышает 2,5%, от 1 600 до 100 000 *мкмкф*—1% и свыше 100 000 *мкмкф* — 2%. Разброс по шкалам не превышает 2%. Точность измерения $\mathrm{tg}\,\delta$ на частоте 50 *гц*

не менее 10%. На частоте 2 *гц* при величине измеряемой емкости от 500 до 100 000 *мкмкф* ошибка измерений не превышает 1%.

Питание моста напряжением звуковой частоты может производиться как от сети переменного тока напряжением 220 *в*, так и от внешнего звукового генератора.

СХЕМА ПРИБОРА

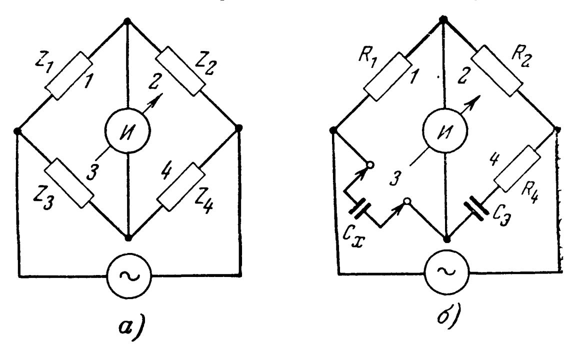
В основу работы прибора положена схема уравновешенного моста переменного тока (фиг. 38,*а*). Такой мост характерен тем, что при наступлении баланса полностью отсутствует ток в его индикаторной диагонали, т. е. полностью выполняется основное условие равновесия моста на переменном токе. Из теории работы моста переменного тока известно, что для равновесия его необходимо, чтобы

$$\frac{Z_1}{Z_2}=\frac{Z_3}{Z_4} \text{ и } \varphi_1+\varphi_4=\varphi_2+\varphi_3$$

или

$$\operatorname{tg}\delta_1+\operatorname{tg}\delta_4=\operatorname{tg}\delta_2+\operatorname{tg}\delta_3,$$

т. е. необходимо наличие определенных соотношений между модулями полных сопротивлений и между фазовыми уг-



Фиг. 38. Схемы уравновешенных мостов переменного тока.

а—ветви *1*, *2*, *3* и *4*—комплексные; *б*—ветви *1* и *2*—активные, а *3* и *4* — комплексные.

лами этих сопротивлений. Обычно в мостах для измерения емкостей на низких частотах плечи Z_2 и Z_4 делают из активных сопротивлений, а в плечи Z_1 и Z_3 включают измеряемый и эталонный конденсаторы.

В отличие от описанной выше схемы моста авторами применена схема, в которой к зажимам источника питания

моста подключаются также две параллельные ветви (фиг. 38,*б*), но одна из них чисто активная, а другая — реактивная. В этой схеме плечи *1* и *2* выполнены в виде активных сопротивлений, а *3* и *4* составляются из измеряемой емкости C_x и эталонной емкости $C_э$ с последовательно включенным сопротивлением R_4 для выполнения необходимых фазовых соотношений. Как утверждают авторы, при такой схеме и применении индикатора с большим входным сопротивлением получается гораздо бо́льшая чувствительность к нарушению баланса, чем у схемы фиг. 38,*а*.

Для равновесия такого моста необходимо, чтобы

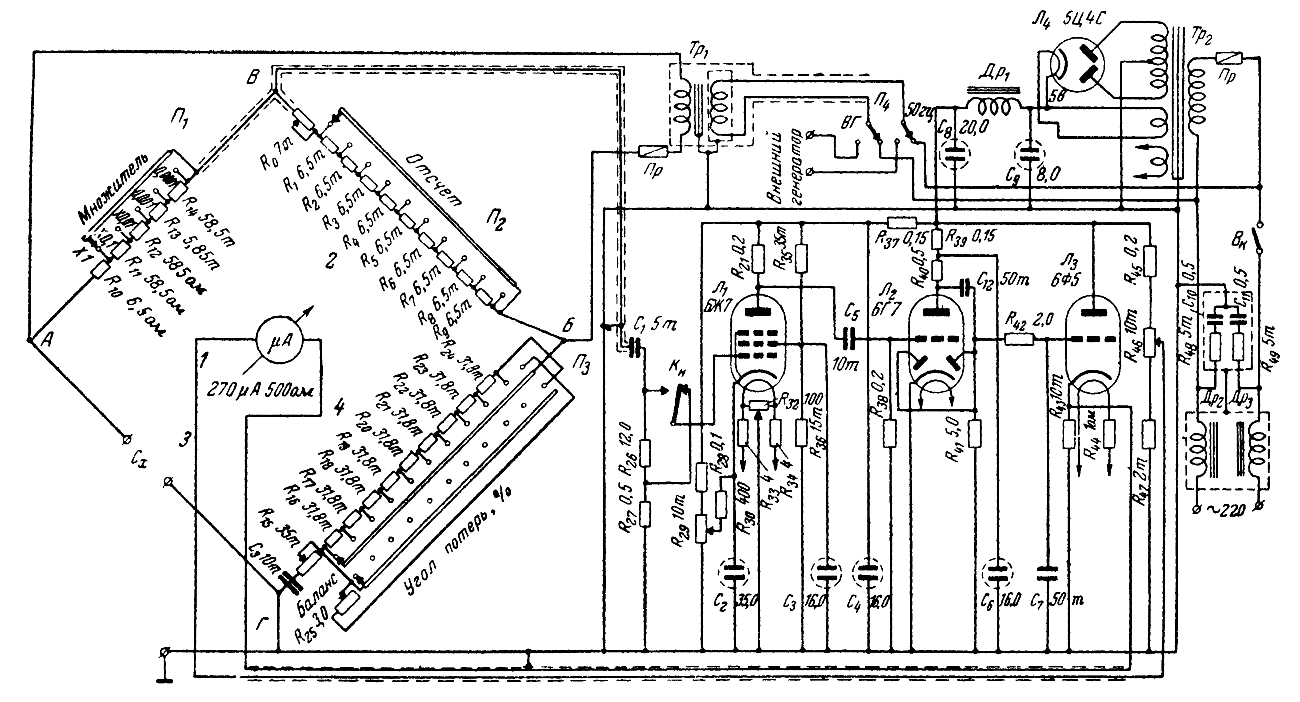
$$\frac{R_1}{R_2}=\frac{C_э}{C_x} \text{ и } \operatorname{tg}\delta_x=\operatorname{tg}\delta_4=\omega R_4 C_э,$$

откуда

$$C_x=\frac{R_2}{R_1}C_э \text{ и } \operatorname{tg}\delta_x=\omega R_4 C_э.$$

На фиг. 39 приведена принципиальная схема прибора для измерения емкости и угла потерь. Как видно из этой схемы, прибор состоит из моста (плечи *1-2-3-4*), который питается от источника переменного напряжения через трансформатор $Тр_1$, и индикаторной части. Из вышеприведенных формул следует, что для определения величины неизвестной емкости C_x необходимо умножить величину эталонной емкости $C_э$ на отношение плеч $\frac{R_2}{R_1}$, а для получения тангенса угла потерь $\operatorname{tg}\delta_x$ брать произведение угловой частоты $\omega=2\pi f$, сопротивления R_4 и емкости $C_э$. В данной схеме моста изменение диапазона измеряемой емкости производится изменением отношения плеч $\frac{R_2}{R_1}$. Для удобства работы с мостом разбивку плеч делают следующим образом. За основную единицу принимается сопротивление R_0 плеча *2*. Однако, чтобы получить перекрытие по шкалам, все остальные сопротивления плеча *2* берутся равными не R_0, а $\frac{10}{11}R_0$.

Плечо *1* выполняется так, чтобы при всех положениях переключателя $П_1$ («множитель») сопротивление плеча было кратным выбранной основной единице ($10/11\ R_0$). В целях уменьшения собственной емкости плеч и сокращения числа сопротивлений плечи выполнены в виде последовательно соединенных сопротивлений.



Фиг. 39. Принципиальная схема прибора для измерения емкости и угла потерь.

Величины сопротивлений плеча *1* выбраны так, что положение переключателя $П_1$ определяет пределы измерений. Наибольший предел измерений будет тогда, когда сопротивление плеча *2* равно максимальному значению, а плеча *1* — минимальному.

Если установить переключатель $П_1$ в такое положение, при котором сопротивление плеча *1* равно 6,5 *ом*, а переключателем $П_2$ («отсчет») и потенциометром R_0 изменить величину сопротивления так, чтобы суммарное сопротивление плеча *2* было равно 65 000 *ом*, то, учитывая, что $C_э =$ $= 10\,000$ *мкмкф*, получим следующее возможное наибольшее значение измеряемой емкости:

$$C_x = \frac{R_{плеча_2}}{R_{плеча_1}} C_э = \frac{65\,000}{6,5} \cdot 10\,000 =$$

$$= 100\,000\,000 \text{ мкмкф} = 100 \text{ мкф}.$$

Это положение переключателя $П_1$ помечено знаком «×1». Если переключатель $П_1$ установить в следующее положение, то $R_{плеча\,1}$ станет равным 65 *ом* и максимальная емкость, которая может быть измерена мостом, уменьшится до 10 *мкф*. Это положение переключателя $П_1$ помечено знаком «×0,1» и т. д.

Таким образом, поскольку емкость $C_э$ — величина постоянная, то величина измеряемой емкости определяется простым умножением суммы показаний делений шкал сопротивления R_0 и переключателя $П_2$ («отсчет») на соответствующий множитель переключателя $П_1$.

Плечо *4* состоит из эталонного слюдяного конденсатора $C_э$ емкостью 10 000 *мкмкф* и последовательно соединенных с ним активных сопротивлений $R_{15} - R_{24}$, необходимых для соблюдения определенных фазовых соотношений при наличии потерь в измеряемом конденсаторе C_x и определения $\operatorname{tg}\delta_x$. Эталонный конденсатор $C_э$ взят большой емкости с целью уменьшить влияние распределенных паразитных емкостей схемы.

Сопротивления для измерения угла потерь конденсатора C_x набираются таким образом, чтобы, как указывалось выше, можно было всегда получить равенство $\operatorname{tg}\delta_x = \operatorname{tg}\delta_4$, необходимое для полного уравновешивания моста, и чтобы удобно было вести разбивку по шкалам значения $\operatorname{tg}\delta$. За единицу измерения $\operatorname{tg}\delta$ принята величина, равная 0,1,

или 10%. Такому $\operatorname{tg}\delta$ при $f = 50$ *гц* и $C_э = 10000$ *мкмкф* соответствует последовательно включенное сопротивление, равное 31 800 *ом*.

Для перекрытия шкалы применено переменное сопротивление R_{15} в 35 000 *ом*, а все остальные сопротивления этого плеча взяты одинаковой величины по 31 800 *ом*. При последовательном включении всех сопротивлений плеча *4* возможно измерение $\operatorname{tg}\delta$ до 1, или 100%. В случае питания моста напряжением с частотой, отличной от 50 *гц*, показания шкал $\operatorname{tg}\delta$ необходимо умножить на коэффициент $K = \frac{f_{изм}}{50}$.

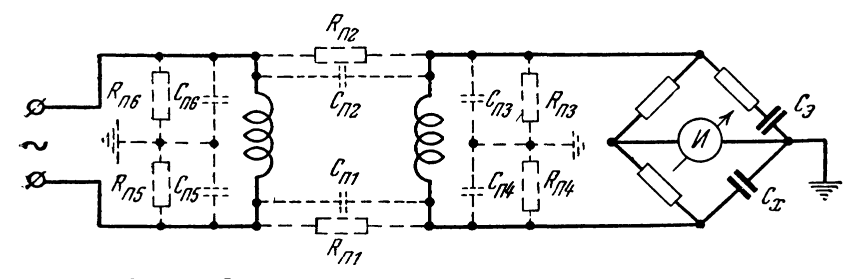
Так как на низких частотах (ниже 50 *гц*) перекрытие диапазона компенсации угла потерь уменьшается (особенно при $f_{изм} = 2$ *гц*), то для сохранения возможности измерения емкости с большими потерями в плечо *4* введено добавочное неградуированное переменное сопротивление R_{25}, равное 3 *мгом*.

Для того чтобы можно было измерить емкость конденсатора, одна из обкладок которого заземлена, предусмотрена возможность заземления моста в точках *А* или *Г*. Однако заземлять точку *А* невыгодно, так как при этом придется все приборы, включенные в индикаторную диагональ (усилитель, указатель баланса и т. д.), изолировать от всей остальной схемы или для связи их с мостом применить трансформатор, который, шунтируя плечи моста, сильно снизит чувствительность к нарушению баланса. Исходя из этого, в описываемой конструкции заземлена диагональ в точке *Г*. Практическая проверка вариантов включения источника питания, индикатора настройки и точки заземления моста подтвердила правильность приведенных выше соображений.

Питание к мосту подается через трансформатор $Тр_1$. К этому трансформатору предъявляются очень высокие требования. Во-первых, он должен без искажения работать в широком диапазоне частот, что необходимо в случае питания моста напряжением с частотой, отличной от 50 *гц*, и, во-вторых, этот трансформатор должен полностью разобщать мост от питающей его сети или другого источника тока.

Эквивалентная схема подключения моста к электросети через трансформатор приведена на фиг. 40. На ней показаны все связи, возникающие через паразитные емкости и утечки, имеющиеся в трансформаторе и схеме. На этом

чертеже символами $C_{П1}$, $C_{П2}$ и $R_{П1}$, $R_{П2}$ соответственно обозначены емкости и утечки, действующие между обмотками трансформатора $Тр_1$, символами $C_{П3}$, $C_{П4}$ и $R_{П3}$, $R_{П4}$ — емкости и утечки вторичной обмотки трансформатора $Тр_1$ относительно земли и символами $C_{П5}$, $C_{П6}$ и $R_{П5}$, $R_{П6}$ — емкости и утечки первичной обмотки этого же трансформатора и сети относительно земли.



Фиг. 40. Эквивалентная схема подключения моста через трансформатор в питающую сеть.

Легко заметить, что некоторые из этих паразитных емкостей и утечек подключены параллельно измеряемой и эталонной ветвям моста. В частности, параллельно измеряемому объекту через емкость $C_{П1}$ между обмотками трансформатора подключена емкость питающих проводов сети относительно земли, что вызовет недопустимые погрешности при измерении. Эти погрешности зависят от положения штепсельной вилки в питающей сети, состояния этой сети и т. п. Поэтому первым условием при изготовлении трансформатора является полное экранирование его вторичной обмотки от первичной и уменьшение емкости вторичной обмотки по отношению земли. В этом случае остающаяся небольшая емкость вторичной обмотки относительно земли, подключенная параллельно эталонному конденсатору, не играет роли, так как она составляет очень небольшой процент емкости конденсатора $C_э$ и поэтому ею можно пренебречь. Остающаяся паразитная емкость, подключенная параллельно измеряемому конденсатору, входит в начальную емкость прибора и может быть учтена при измерениях. После большой экспериментальной работы авторы остановились на особой конструкции трансформатора $Тр_1$, которая будет описана ниже.

Индикатор баланса. Индикатором баланса служит двухкаскадный усилитель переменного тока, на выходе которого

включен катодный вольтметр. Вход усилителя высокоомный. Большое входное сопротивление усилителя необходимо для того, чтобы не снизить чувствительности моста. Если взять индикатор с малым входным сопротивлением, равным в предельном случае нулю, то он, закоротив противоположные точки моста, сделает совершенно невозможным настройку последнего.

Вход усилителя (фиг. 39) подключается к диагонали моста через конденсатор C_1 и делитель напряжения, состоящий из сопротивлений R_{26} и R_{27}. При помощи ключа $Кн$ на сетку лампы первого каскада может подаваться либо все напряжение с делителя (левое положение ключа $Кн$), либо $^1/_{24}$ часть его (ключ установлен вправо). Уменьшение чувствительности необходимо для облегчения первоначальной настройки моста.

Смещение на управляющей сетке лампы $Л_1$ регулируется изменением положения ползунка потенциометра R_{29}. Изменением напряжения на управляющей сетке можно регулировать порог чувствительности усилителя, так как лампа 6Ж7 имеет короткую характеристику. При большом смещении на сетке лампа начинает работать с большой отсечкой тока и искажением формы кривой усиливаемого напряжения. Однако последнее обстоятельство не играет никакой роли, так как задача индикатора состоит только в обнаружении напряжения в индикаторной диагонали моста. Возможность регулировки порога чувствительности в индикаторе удобно в том отношении, что это облегчает балансировку моста, поскольку по изменению положения стрелки гальванометра легко определять, в какую сторону нужно вращать ту или иную ручку настройки.

Для уменьшения сеточных токов лампа работает в облегченном режиме с пониженным напряжением накала.

Потенциометр R_{32} служит для уменьшения фона переменного тока.

Усиленное напряжение с анода лампы первого каскада через емкость C_5 подается на управляющую сетку лампы $Л_2$ второго каскада, а с анода последней — на диодный детектор, где происходит процесс детектирования. Постоянная составляющая выпрямленного тока в цепи диодов, проходя через нагрузочное сопротивление R_{41}, создает на нем падение напряжения, которое подается в отрицательной полярности через фильтр $R_{42} C_7$ на управляющую сетку лампы $Л_3$ типа 6Ф5.

Эта лампа совместно с гальванометром μA и делителем напряжения R_{45}, R_{46}, R_{47} выполняет функции катодного вольтметра, работающего по мостовой схеме. Установка условного нуля у катодного вольтметра производится с помощью потенциометра R_{46} при отсутствии переменного напряжения на управляющей сетке лампы $Л_1$ (для этого достаточно запереть эту лампу $Л_1$ подачей смещения, снимаемого с потенциометра R_{29}).

Выбранная схема вольтметра, кроме высокой чувствительности и стабильности, обладает еще тем преимуществом, что даже при самом большом нарушении баланса моста ток через микроамперметр не превышает 350 *мка*, так как поступающее на сетку лампы 6Ф5 отрицательное напряжение будет только уменьшать анодный ток этой лампы почти до нуля.

Питание индикатора производится от двухполупериодного выпрямителя, работающего на лампе $Л_4$ типа 5Ц4С.

В схеме прибора предусмотрен фильтр, состоящий из дросселей $Др_2$ и $Др_3$, конденсаторов C_{10} и C_{11} и сопротивлений R_{48} и R_{49}. Этот фильтр резко снижает воздействие на работу прибора различных помех, имеющихся в питающей сети.

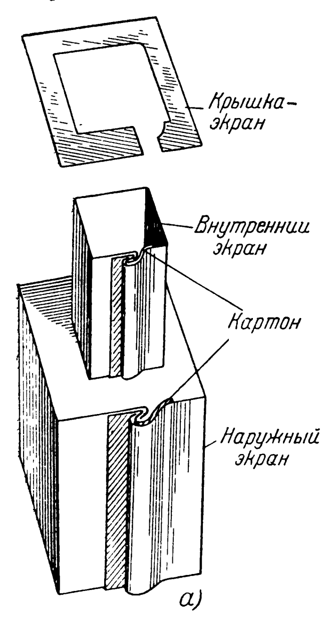
ДЕТАЛИ

Трансформатор $Тр_1$ намотан на сердечнике сечением 6 $см^2$. Ширина воздушного зазора 0,3 *мм*. Сердечник собран из Г-образных пластин. Первичная обмотка (бескаркасного типа) наматывается на призматический внутренний экран (фиг. 41,*а*) проводом ПЭЛ 0,12 *мм* в количестве 3 000 витков и затем заключается в такой же наружный экран, сделанный из листовой меди толщиной 0,5 *мм*. Соединяемые между собой края этих экранов изгибаются так, как показано на фиг. 41,*а*, затем между ними прокладывается изолирующая полоска прессшпана, после чего швы тщательно закатываются.

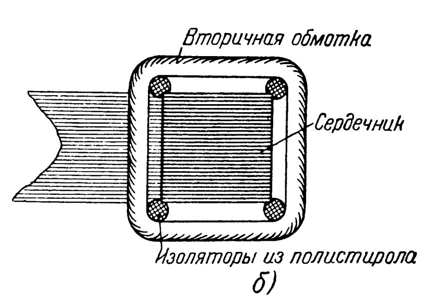
К краям верхней и нижней сторон наружного экрана припаиваются разомкнутые квадратные рамки (фиг. 41,*а* вверху), вырезанные из такой же листовой меди.

Первичная обмотка насаживается на один керн сердечника, а вторичная обмотка также бескаркасного типа — на другой его керн. Вторичная обмотка содержит 4 000 витков провода, ПЭЛ 0,12. Она не имеет экрана и насажена на сердечник так, что между его поверхностями и обмоткой соз-

дается зазор шириною в 5 *мм*. Укрепляется эта обмотка в таком положении при помощи четырех распорок — круглых стержней, сделанных из полистирола (фиг. 41,*б*).

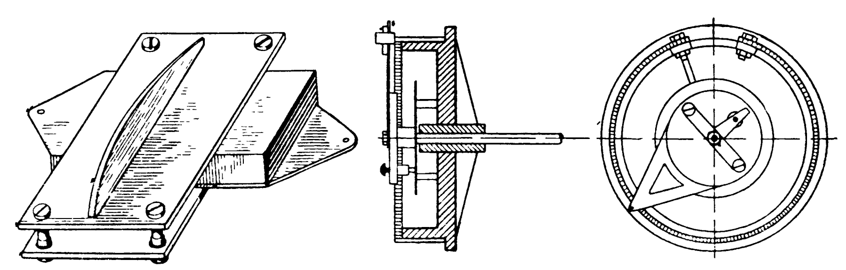


При такой конструкции трансформатора удалось свести почти к нулю емкость между первичной и вторичной обмотками и уменьшить емкость вторичной обмотки относительно сердечника до 14,3 *мкмкф*. Собранный трансформатор заключен в прямоугольный экран из мягкой стали толщиной 1,2 *мм*, края которого скреплены внахлестку точеч-



Фиг. 41. Конструкция трансформатора $Тр_1$.
а—крепление экрана на первичной обмотке трансформатора; *б* — расположение вторичной обмотки на сердечнике.

ной сваркой. При подключении трансформатора к мосту нужно соблюдать следующие условия: конец вторичной обмотки, идущий от наружных витков, необходимо подключать к ветви с измеряемой емкостью, а внутренний ее ко-



Фиг. 42. Конструкция конденсатора $С_э$.

Фиг. 43. Конструкция переменного сопротивления.

нец — к эталонной емкости. Такое подключение значительно снижает емкость измерительной ветви относительно земли.

В качестве сопротивлений плеча *2* моста использованы проволочные сопротивления величиной по 1 500 и 500 *ом*, применяемые в телефонных оконечных усилителях типа ТОУ. Значение каждого такого сопротивления тщательно измерялось с точностью до 4-го знака на мосте типа УМВ для измерения сопротивлений. Затем из них составлялись группы общим сопротивлением по 6 500 *ом*.

Все сопротивления плеча *1* — самодельные. Наматываются они на каркасах от сопротивлений ТОУ. Каждое из сопротивлений R_{16} — R_{21} составляется из трех отдельных сопротивлений величиной 30 000, 1 000 и 800 *ом*.

В качестве эталонного конденсатора применена секция слюдяного конденсатора. Эта секция после точного измерения ее емкости зажимается между двумя дюралюминиевыми пластинами (фиг. 42), затем помещается в кожух из мягкого железа толщиной 2 *мм* и заливается очищенным парафином. Выводы пластин делаются через проходные изоляторы из полистирола.

Качеству эталонного конденсатора следует уделить большое внимание: наличие у него больших потерь абсолютно недопустимо. Чтобы быть уверенным в хорошем качестве конденсатора, желательно промерить его емкость и $\operatorname{tg}\delta$. Можно, конечно, не следовать по пути авторов и не прибегать к самостоятельному изготовлению эталонного конденсатора. В качестве эталонного вполне будет пригоден конденсатор заводского производства, в котором прокладками служит тонкая пленка из полистирола (стирофлекс). Применять слюдяные конденсаторы с опрессовкой (например, типа Г) не рекомендуется, потому что, как показали измерения, эти конденсаторы на низких частотах имеют большой $\operatorname{tg}\delta$.

Переменное сопротивление R_0 — самодельное. В качестве корпуса для него использован пластмассовый диск от шкалы переменных конденсаторов старого типа (фиг. 43). На ободке диска, предназначенном для крепления шкалы, закрепляется гетинаксовая пластинка с намотанным на нее манганиновым проводом в шелковой изоляции диаметром 0,16 *мм*. Наружные размеры этой пластинки 340×10×1,5 *мм*. После намотки провода на концы пластинки накладываются обжимки из латуни толщиной 0,08 *мм*, к которым и припаиваются концы обмотки. Затем пластинка сгибается по ободу диска и закрепляется на нем болтиками,

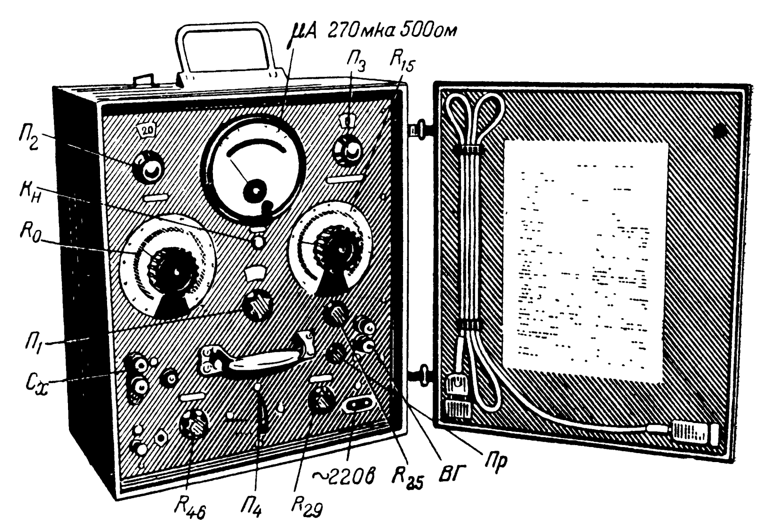
после чего обмотка покрывается шеллаком. Когда же шеллак высохнет, верхняя кромка обмотки очищается от изоляции мелкой наждачной бумагой. В качестве ползунка в этом сопротивлении применен ролик, выточенный из серебра и закрепленный на оси так, что при передвижении он не скользит, а катится по обмотке. Ползунок такой конструкции обеспечивает надежный контакт и не смещает витки обмотки.

Конечно, вместо описанного можно использовать и подходящее сопротивление заводского изготовления.

КОНСТРУКЦИЯ МОСТА

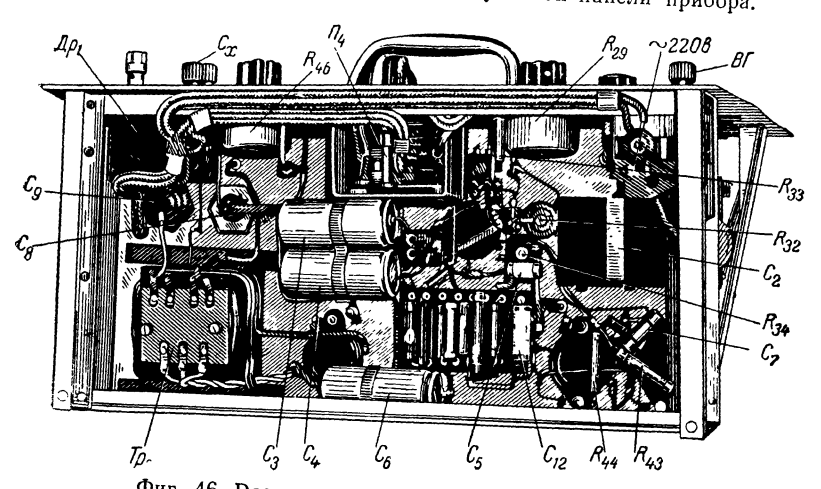
Внешний вид прибора приведен на фиг. 44.

Мост собран на угловой панели, сделанной из стального листа толщиной 1,5 *мм*. На вертикальной панели размещены все элементы моста, ручки управления индикаторной частью и гальванометр, а на горизонтальной — выпрямитель и усилитель (фиг. 45). Прибор заключен в кожух, изготовленный из фанеры толщиной 2 *мм*, обитой с обеих сторон жестью толщиной 0,5 *мм*. Такая экранировка надежно предохраняет его от воздействия внешних электростатических и магнитных полей. При монтаже моста большое внимание уделялось изоляции, экранированию и уменьшению взаимного влияния его цепей. Все сопротивления смонтированы на



Фиг. 44. Общий вид прибора для измерения емкости и угла потерь.

Фиг. 45. Расположение деталей на угловой панели прибора.



Фиг. 46. Расположение деталей под шасси прибора.

пластинах из органического стекла, тщательно отполированных. Для уменьшения поверхностных утечек сопротивления R_{10} — R_{14} вместе с пластиной пропарафинированы.

Весь монтаж прибора выполнен проводом в хлорвиниловой изоляции. Только для соединения трансформатора Tp_1 с мостом применен голый серебряный провод. Для соединения плеч *1* и *2* применен отрезок коаксиального кабеля.

Тщательно экранирован провод, идущий к сетке лампы 6Ж7. Он подключается к ее выводу с помощью глубокого экранированного колпачка.

Расположение деталей под шасси прибора показано на фиг. 46.

Прибор закрывается крышкой, на внутренней стороне которой укреплены держатели для шнура (фиг. 44).

НАЛАЖИВАНИЕ И ГРАДУИРОВКА МОСТА

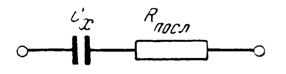
Настройка индикаторной части моста сводится к подбору правильного режима ламп (6Ж7, 6Г7 и 6Ф5) двухкаскадного усилителя переменного тока и катодного вольтметра и проверке их работы.

Если электрические данные всех примененных сопротивлений и конденсаторов точно совпадают с данными, указанными на схеме, то индикаторная часть прибора не требует никакого дополнительного налаживания.

Основное внимание при налаживании прибора нужно уделить градуировке моста по емкости и углу потерь. К ней приступают после окончательной сборки прибора и налаживания его индикаторной части. При этом на подшкальники прибора надо наклеить временные шкалы. Градуировать мост можно по эталонным конденсаторам или лучше по эталонированному магазину емкостей. Понято, что чем точнее будут измерены емкости градуировочных конденсаторов или чем выше точность декад магазина емкостей, тем более точно можно будет отградуировать изготовленный прибор. Авторы градуировали мост по магазину емкостей. Градуировка производилась следующим образом.

Магазин подключался к зажимам C_x, устанавливалась требуемая величина емкости и проводились измерения. Положение стрелки на шкале сопротивления R_0 отмечалось черточкой. При этом проверялось совпадение найденного значения по шкалам путем измерения одной и той же емкости на разных пределах. Разброс будет тем меньше, чем с большей точностью подобраны сопротивления плеч моста.

Градуировка шкалы «угол потерь» производилась по эквивалентной схеме реального конденсатора с потерями (фиг. 47). Величина $\mathrm{tg}\,\delta$ находилась расчетным путем по формуле $\mathrm{tg}\,\delta = \omega R_{посл} C_x$. Практически эта градуировка сводилась к тому, что последовательно с измеряемой емкостью без потерь (C_x) подключалось заранее подсчитанное сопротивление $R_{посл}$, соответствующее той или иной величине $\mathrm{tg}\,\delta$, и результаты отмечались на шкале «угол потерь». Градуировка этой шкалы выполнена не в угловых единицах, а в процентах. После окончания градуировки по обеим шкалам снимаются с подшкальников временные шкалы и по ним вычерчиваются тушью на плотной бумаге такие же, но увеличенные в 5 раз шкалы. Последние затем фотографируются, а потом печатаются на фотобумаге в нужном формате.



Фиг. 47. Эквивалентная схема реального конденсатора.

ПОРЯДОК ПОЛЬЗОВАНИЯ МОСТОМ

Порядок включения и пользования мостом следующий. Прежде всего надо надежно заземлить мост, установить вправо ключ *Кн*, повернуть влево до отказа ручку регулятора чувствительности и установить на нуль переключатель и лимб угла потерь, а ползунок «множитель» — в положении «×100». Дальше, переключатель «отсчет» устанавливается на нуль, а лимб «отсчет» — примерно на 10-е деление, переключатель $П_4$ питания моста ставится в положение «50 *гц*». Затем надо подключить к мосту при помощи коротких проводов измеряемую емкость. Если почему-либо будет невозможно применить короткие провода, то подключение этой емкости выполняется при помощи коаксиального кабеля, ввинчиваемого в гнездо, имеющееся на левой стороне ящика, причем центральная жила этого кабеля поджимается под верхний зажим C_x. После этого надо включить прибор в сеть и выждать 10—15 мин., пока он прогреется.

Когда прибор прогреется, надо при помощи ручки «установка нуля» установить гальванометр на нуль, увеличить чувствительность индикатора и, поворачивая ручки переключателей и лимбов «отсчет» и «угол потерь», добиваться получения минимального показания прибора μA. Затем переставляют ключ *Кн* в левое положение и уточняют настройку прибора. Если невозможно будет добиться минимума показания стрелки гальванометра, необходимо перейти

на следующий множитель («× 1 000» и т. д.). Отсчет величины измеряемой емкости получается путем сложения показания переключателя и лимба «отсчет» и умножения полученной суммы на соответствующий множитель. Сумма показаний шкал переключателя потерь и лимба «отсчет» дает угол потерь в процентах. Измерения на других частотах производятся таким же порядком, надо лишь переключатель $П_4$ питания моста переставить в положение *ВГ*.

При измерениях на частотах ниже 25 *гц* переключатель угла потерь ставится в положение «баланс» и потери компенсируются ручкой «баланс» (R_{25}). При этом равновесие моста также находится по минимуму отклонения стрелки прибора. При измерениях на частотах, отличных от 50 *гц*, значение угла потерь необходимо умножить на коэффициент $K = \frac{f_{изч}}{50}$, где $f_{изч}$ — частота внешнего звукового генератора.

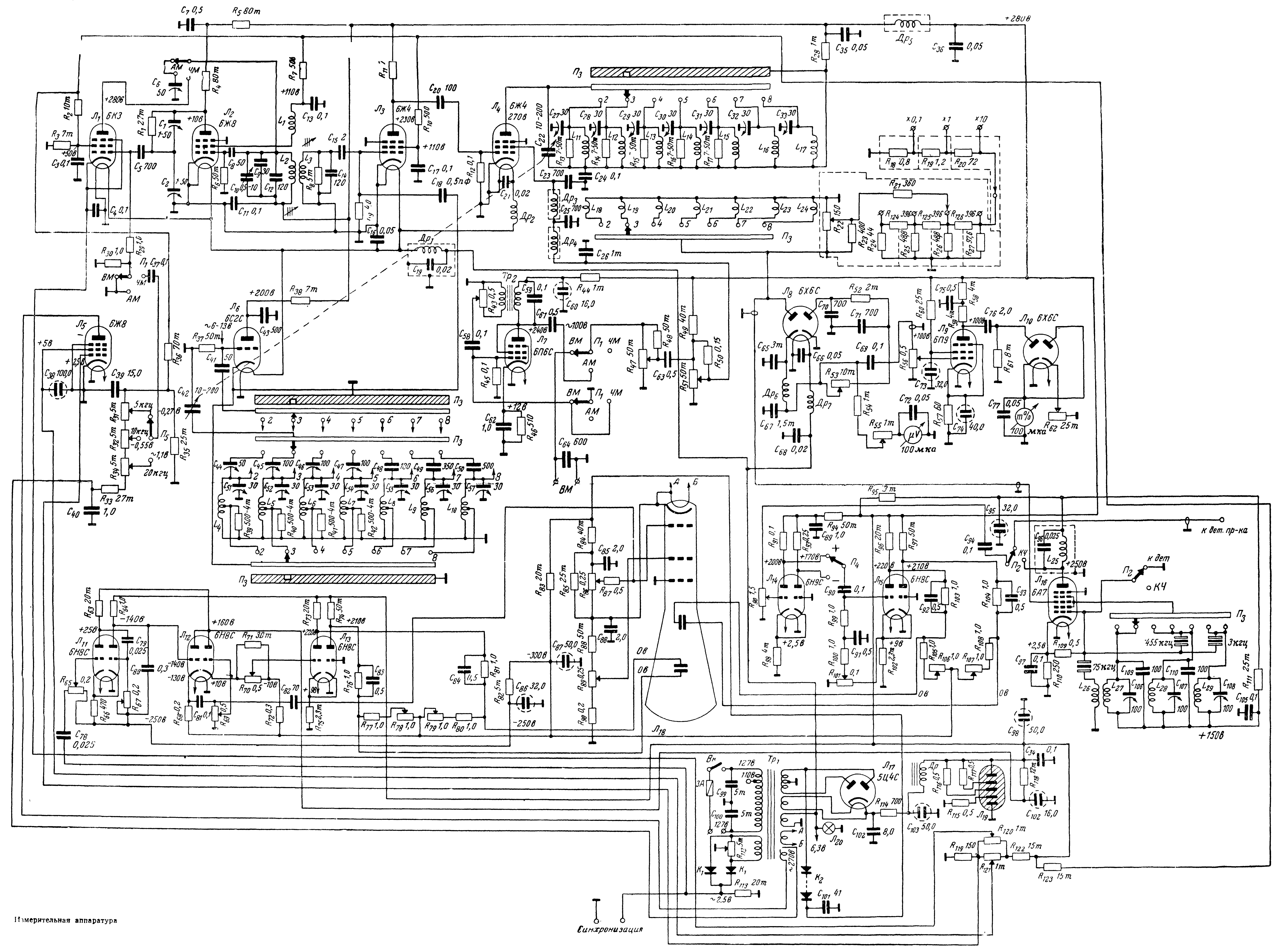
При пользовании этим мостом надо соблюдать следующие требования:

1) не подводить к мосту напряжения от внешнего генератора, превышающее 200 *в*:

2) до включения прибора в электросеть надо предварительно заземлять его;

3) не следует стремиться получать на шкалах моста сочетание показаний, превышающее 100 *мкф*.

К стр. 35.



Фиг. 26. Принципиальная схема генератора стандартных сигналов

на 1 р. 80 к.